



universität
wien

DIPLOMARBEIT / DIPLOMA THESIS

Titel der Diplomarbeit / Title of the Diploma Thesis

„Moose - Ein Thema für den Schulunterricht“

verfasst von / submitted by

Sophie-Marie Zettl

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of
Magister ODER/OR Magistra der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Wien, 2016 / Vienna, 2016

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
degree programme code as it appears on
the student record sheet:

A 190 406 445

Studienrichtung lt. Studienblatt /
degree programme as it appears on
the student record sheet:

Lehramtsstudium UF Mathematik UF Biologie und
Umweltkunde

Betreut von / Supervisor:

Ao. Univ.-Prof. Dr. Michael Kiehn

Vorwort

Im September 2015 habe ich die Lehrveranstaltung Freilanddidaktik in Petronell besucht, wo mein Thema die Sporenpflanzen waren. Als ich mich näher mit dieser Gruppe beschäftigt habe, interessierte ich mich immer mehr für diese und im Besonderen für Moose. Im selben Monat habe ich einen Termin bei Ao. Univ. -Prof. Dr. Michael Kiehn bezüglich einer Diplomarbeit gehabt und er hat mich darin bestärkt mich mit dem Thema Moose weiter zu befassen. Nach einer längeren Themenfindungsphase wurde beschlossen, dass Thema Moos in Bezug auf den Schulunterricht zu untersuchen, da ich im Zuge meiner Arbeit gerne mit Schülerinnen und Schülern arbeiten wollte. Der Weg zur fertigen Arbeit war nicht immer leicht. Auf diesem Weg wurde ich von vielen Menschen unterstützt und ich möchte mich an dieser Stelle ganz herzlich bedanken.

Als erstes möchte ich mich bei meinen Eltern und meinen Geschwistern Stephanie und Sebastian bedanken. Sie haben mich während meines ganzen Studiums in allen erdenklichen Bereichen unterstützt und mir immer wieder Mut gemacht nicht aufzugeben. Ganz besonders möchte ich meiner Mutter danken, die immer ein offenes Ohr für mich hatte und all meine Arbeiten Korrektur gelesen hat.

Ebenfalls möchte ich mich bei meinen Freundinnen, Freunden, Studienkolleginnen und Studienkollegen für die schöne Zeit mit ihnen und ihre Unterstützung in den letzten Jahren bedanken.

Ein großes Dankeschön an meinen Diplomarbeitsbetreuer Ao. Univ. -Prof. Dr. Michael Kiehn. Er hat mich im Zuge der ganzen Arbeit unterstützt und mich mit seinem konstruktiven Feedback aufgebaut und motiviert.

Zum Abschluss möchte ich mich bei Frau Mag. Amon, Frau Mag. Wenzl, Herrn Dr. Zechmeister und den befragten Schülerinnen und Schülern bedanken.

Inhalt

1. Einleitung.....	4
1.1. Forschungsfrage	4
1.2. Aufbau der Arbeit	5
2. Theorieteil Moose	6
2.1. Die Abteilungen der Moose.....	6
2.1.1. Hornmoose (Anthocerotophyta).....	7
2.1.2. Laubmoose (Bryophyta)	10
2.1.3. Lebermoose (Marchantiophyta)	16
2.2. Lebenszyklus.....	19
2.3. Geschichtlich Aspekte (Lebende Fossilien)	19
2.4. Lebensräume	22
2.5. Ökologie.....	25
2.6. Moose und andere Organismen.....	27
2.7. Highlights	29
2.8. Verwendung	30
2.9. Arten- und Lebensraumschutz	33
3. Methodik	35
3.1. Didaktische Rekonstruktion	35
3.2. Leitfadengestütztes Interview	37
3.3. Qualitative Inhaltsanalyse	38
3.4. Schulbuchanalyse	40
4. Durchführung	42
4.1. Expertinnen- und Experteninterviews.....	42
4.2. Schülerinnen- und Schüler-Interviews	46
4.3. Schulbücheranalyse.....	48
5. Auswertung	49
5.1. Expertinnen- und Experteninterviews.....	49
5.2. Schülerinnen- und Schüler-Interviews	56
5.3. Schulbücher	64
5.3.1. Analyseschema	65
5.3.2. BioTOP 2	66
5.3.3. Bio Buch 2 neu.....	68
5.3.4. bio@school 2.....	69
5.3.5. Resümee	71

6. Didaktische Strukturierung.....	73
7. Einheit.....	80
7.1. Einstieg	80
7.2. Anschauungsmaterial	81
7.3. Moose und ihre Umwelt.....	83
7.4. Generationswechsel	84
7.5. Verwendung	87
7.6. Highlights	90
7.7. Arbeitsblatt.....	93
8. Fazit und Ausblick.....	104
Literaturverzeichnis	106
Abbildungsverzeichnis.....	109
Tabellenverzeichnis	110
Abstract	111
Zusammenfassung.....	112

1. Einleitung

Sporenpflanzen werden von den meisten Menschen kaum oder gar nicht wahrgenommen. Sie spielen bei der Landbesiedelung durch Pflanzen jedoch eine entscheidende Rolle und sind in den unterschiedlichsten Ökosystemen ein wesentlicher Bestandteil. Den Schülerinnen und Schülern und selbst vielen Biologinnen und Biologen ist dies nicht bewusst. Moose werden aufgrund ihrer Größe und ihres Aussehens gerne übersehen. Dennoch haben fast alle Menschen unseres Lebensraumes schon einmal Moos mit eigenen Augen gesehen, sei es im eigenen Garten, auf der Wiese oder im Wald am Boden oder auf der Rinde von Bäumen.

In der nachfolgenden Diplomarbeit wird das Thema Moose für den Schulunterricht aufgearbeitet, um hier eine bessere Bewusstseinsbildung für diese wichtige Pflanzengruppe zu erreichen. Zunächst werden die theoretischen Grundlagen zu dem Thema geklärt. Im Anschluss daran werden Expertinnen und Experten zum Thema Moose und ihre eigenen Erfahrungen im Schulalltag mit der Umsetzung dieses Themas befragt. Im nächsten Abschnitt werden sowohl das Wissen über Moose als auch die Schülerinnen- und Schülervorstellungen untersucht, sowie Schulbücher für diese Schulstufe in Bezug auf die Thematik betrachtet und analysiert. Im letzten Schritt wird eine Unterrichtseinheit zum Thema Moose erstellt, welche als Anregung für Lehrerinnen und Lehrern in der Schule konzipiert ist und im Unterricht verwendet werden kann. Die Abschnitte der vorliegenden Diplomarbeit beruhen auf dem Modell der Didaktischen Rekonstruktion, welche der Arbeit als Modell zu Grunde liegt.

1.1. Forschungsfrage

Das Ziel der vorliegenden Diplomarbeit ist es, mit Hilfe der Didaktischen Rekonstruktion von Kattmann eine Unterrichtseinheit zu dem Thema Moose für den Schulunterricht der zweiten Klasse AHS zu entwickeln. Im Zuge der Arbeit sollen Forschungsfragen aus unterschiedlichen Themenbereichen beantwortet werden. Die Reihenfolge der Fragen entspricht dem Aufbau der vorliegenden Arbeit:

Fachliche Klärung:

- Welche thematischen fachlichen Inhalte zum Thema Moose sind für den Schulunterricht besonders relevant?
- Welche Inhalte werden von Expertinnen und Experten als relevant für den Schulunterricht gesehen?

Erhebung von Schülerinnen- und Schülervorstellungen:

- Welche Vorstellungen besitzen Schülerinnen und Schüler zu der Thematik „Moose“?

Analyse von Schulbüchern:

- Welche Inhalte zu Moosen werden von österreichischen Schulbüchern vermittelt?

Didaktische Rekonstruktion:

- Wie können die erhobenen Daten bei der Konstruktion einer Unterrichtseinheit miteinbezogen werden?
- Wie kann eine Unterrichtseinheit zu der Thematik Moos für die Schule gestaltet werden?

1.2. Aufbau der Arbeit

Zu Beginn der Arbeit ist eine Auseinandersetzung mit der Theorie zu der Thematik notwendig, um den derzeitigen Wissenstand in der Forschung zu erheben. Im Anschluss wird der methodische Rahmen vorgestellt, welcher die Grundlage zu der vorliegenden Arbeit darstellt. Die Arbeit beruht auf der Didaktischen Rekonstruktion und verwendet die Techniken des Leitfadengeführten Interviews, der qualitativen Inhaltsanalyse sowie der Schulbuchanalyse.

Anschließend werden die Expertinnen- und Experteninterviews, Schülerinnen- und Schülerinterviews, sowie eine Schulbuchanalyse durchgeführt um die Thematik von allen Seiten zu betrachten. Im Anschluss daran erfolgt die Didaktische Strukturierung, in welcher alle Teile der Arbeit zusammen geführt werden und im Anschluss die entwickelte Unterrichtseinheit vorgestellt wird. Als Abschluss wird ein kurzes Fazit gezogen und ein Ausblick gegeben.

2. Theorieteil Moose

Das Thema Moose ist vielseitig. Um sich dem Thema zu nähern wurde zuerst eine allgemeine Literaturrecherche durchgeführt. Im Anschluss an diese fand ein Gespräch mit Herrn Dr. Zechmeister statt, dem führenden Moosexperten an der Universität Wien. Im Zuge dessen wurden zwei Werke empfohlen und im folgenden Kapitel wird vorwiegend auf diese Bezug genommen.

2.1. Die Abteilungen der Moose

In den letzten Jahrzehnten hat sich in der Pflanzensystematik aufgrund neuester Erkenntnisse vieles verändert. Dies betrifft auch die Moose. In der hier relevanten Forschung wurden einerseits Fossilien, andererseits auch DNA-Sequenzen untersucht (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 9f). Auf der Basis der Ergebnisse der Sequenzierung des genetischen Materials konnten neue Stammbäume erstellt werden. Dabei wurde festgestellt, dass Moose keine monophyletische¹ Gruppe sind, wie bisher angenommen, sondern dass drei verschiedene Moosgruppen (Abteilungen) parallel zueinander entstanden sind (Shaw & Renzaglia, 2004, S. 1557ff). Moose sind ein wichtiges Element bei der Bearbeitung der Frage wie die Pflanzen das Land besiedelt haben. Aus diesem Grund ist es wichtig die Verwandtschaft der drei Abteilungen untereinander und zu den anderen Pflanzengruppen zu erforschen. Moose werden als Schwesterngruppe zu den Embryophyta² angenommen, wobei nach derzeitigem Forschungsstand die Hornmoose die nächsten Verwandten der Tracheophyta³ sind. Die genauen Verwandtschaftsverhältnisse der Moose innerhalb der Pflanzen sind jedoch immer noch nicht geklärt und es werden neue Studien dazu durchgeführt (Shaw & Renzaglia, 2004, S. 1557ff).

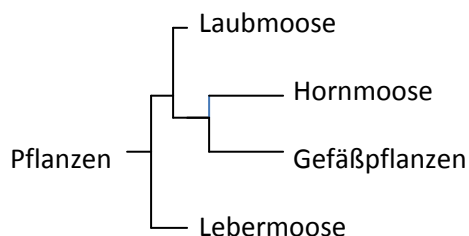


Abbildung 1: derzeitiger Stammbaum der Moose

¹ „Monophyletisch bezeichnet ein Verwandtschaftsgruppe, die alle Abkömmlinge eines einzigen (unmittelbaren) gemeinsamen Vorfahren umfasst.“ (Fischer, 2008, S. 47).

² Unter dem Begriff Embryophyta werden die Moose, die Farn- und die Samenpflanzen verstanden (Spektrum der Wissenschaft, 1999, Embryophyta).

³ Der Begriff Tracheophyta steht für Gefäßpflanzen (Spektrum der Wissenschaft, 2001, Tracheophyta).

Nach dem derzeitigen Forschungsstand werden die Bryophyta in drei Abteilungen eingeteilt. Diese drei Abteilungen sind: Hornmoose, Lebermoose und Laubmoose. Obwohl nicht monophyletisch, besitzen alle Bryophyta einige Gemeinsamkeiten. Sie zeichnet der Besitz von Sporen, kein Vorhandensein von Lignin in ihren Zellwänden sowie keine Ausbildung von Gefäßen aus. Das Fehlen von echten Gefäßen trennt Bryophyta von den Gefäßpflanzen. Des Weiteren durchlaufen Bryophyta einen Generationswechsel, wobei die geschlechtliche Generation gegenüber der ungeschlechtlichen Generation dominant ist (Frahm, 2006, S. 16f). Im Folgenden wird auf die drei Abteilungen detailliert näher eingegangen.

2.1.1. Hornmoose (Anthocerotophyta)

Von den drei Abteilungen der Moose sind Hornmoose die am wenigsten diverse Gruppe (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 106). Weltweit sind nachzeitigem Forschungsstand ca. 300 Hornmoosarten bekannt. Von diesen finden sich vier seltene Arten in der Flora Österreichs (Köckinger, Schröck, Krisai & Zechmeister, 2016, Checkliste der Moose Österreichs). Global gesehen kommen Hornmoose auf allen Kontinenten außer in der Antarktis vor. Bei der Besiedelung sind Hornmoose immer Pionierarten, da an Extremstandorten, wie etwa Wüsten, wenig Konkurrenz vorhanden ist. Bevorzugt werden von Hornmoosen Mineralböden, wobei sie auch an Standorten, welche durch den Menschen gestört werden, häufig vorkommen (Vanderpoorten & Goffinet, 2009 S. 122f).

In Europa sind Hornmoose annuelle⁴ Arten (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 122f). Sie zeichnen sich durch besondere Kurzlebigkeit aus. Sie keimen zumeist im Herbst nach der Ernte. Dies hat den Grund, dass zu dieser Jahreszeit im Boden wenig Konkurrenz vorherrscht. Zu Beginn des Winters sterben die Gametophyten der Hornmoose und ihre Sporen überdauern den Winter im Boden.

Gametophyt

Aufbau

Allgemein besitzt der Gametophyt der Hornmoose eine bilateral symmetrische⁵ Struktur. Dieser ist von seiner Gestalt her thallös⁶, und ist entweder rosettenartig oder bandförmig gebaut. Im Gegensatz zu den meisten anderen Vertretern der beiden anderen Moosabteilungen besitzt der Gametophyt der Hornmoose jedoch keine Blättchen oder Stämmchen und ist wenig differenziert.

⁴ Unter annuellen Arten werden einjährige Arten verstanden.

⁵ Bilateral symmetrisch bedeutet, dass man den Organismus durch einen mittleren Schnitt in zwei gleiche Hälften teilen kann.

⁶ lappig

Viele Parenchymzellen produzieren Schleim. Es wird vermutet, dass dieser Schleim für die Zurückhaltung von Wasser von Bedeutung sein könnte (Frahm, 2006, S.20f) (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 106f).

An der Unterseite des Gametophyten befinden sich Höhlungen, die durch zwei stomataartige Zellen begrenzt werden. Die Höhlungen sind mit Schleim gefüllt. Diese Höhlungen werden oft von *Nostoc*-Kolonien besiedelt. Diese Cyanobakterien assimilieren Luftstickstoff und können diesen an das Moos weiter geben (Frahm, 2006, S. 20f). Hornmoose stellen den Cyanobakterien im Austausch dafür organischen Kohlenstoff zur Verfügung (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 120ff).

Bei den meisten Hornmoosen besitzen die Photosynthesezellen des Gametophyten nur einen Chloroplasten. Dieser enthält ein Pyrenoid⁷ (Frahm, 2006, S. 20f). An der Unterseite besitzen Hornmoose außerdem Rhizoide⁸ (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 108).

Sexualorgane

Der Thallus von Hornmoosen ist scheibenförmig gebaut (Frahm, 2006, S. 20) und an der Thallusoberseite befinden sich die Sexualorgane (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 108). Die Gametangien⁹ werden bei dieser Abteilung auf der dorsalen Thallusmittellinie gebildet. Die meisten Hornmoose sind einhäusig¹⁰ (Frahm, 2006, S. 20).

Archegonium

Das Archegonium¹¹ besitzt eine vasenförmige Form und ist in den meisten Fällen eingesunken. Dieses ist so aufgebaut, dass auf den runden Bauch ein Hals folgt. Der Bauch des Archegoniums ist geschwollen und enthält eine Eizelle. An den Bauch schließen sechs Halskanalzellen an und oben befinden sich zwei Schließzellen (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 111f).

⁷ Pyrenoide sind Stärkeorganellen.

⁸ Als Rhizoiden bezeichnet man Würzelchen, die der Verankerung der Moose jedoch nicht der Wasser- und Nährstoffleitung dienen (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 264).

⁹ Die Gametangien sind die Geschlechtsorgane, die auf dem Gametophyten gebildet werden (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 260).

¹⁰ Einhäusig bedeutet, dass sowohl männlich, als auch weibliche Geschlechtsorgane auf dem Gametophyten vorhanden sind (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 262).

¹¹ Das Archegonium bezeichnet das weibliche Geschlechtsorgan der Moose (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 257).

Antheridien

Die Antheridien¹² der Hornmoose befinden sich in einer Kammer, wobei sich immer mehrere Antheridien in einer Kammer zusammen befinden (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 111f).

Sporophyt

Aufbau

Der Sporophyt der Hornmoose unterscheidet sich stark von den Sporophyten der anderen beiden Abteilungen. Bei Hornmoosen sitzt der Sporophyt in der Mitte des Thallus, ist schotenförmig gebaut und springt in zwei Längsrisse auf. In der Mitte des Sporophyten befindet sich die Columella¹³. Um die Columella herum werden die Sporen gebildet (Frahm, 2006, S. 20f). Der Embryo ist in zwei Abschnitte geteilt. Der untere Teil des Embryos bildet den Fuß und der obere Teil des Embryos bildet die Kapsel. Mit dem Fuß ist der Sporophyt zeitlebens mit dem Gametophyten verbunden (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 112ff). Der Sporophyt der Hornmoose besitzt keine Seta¹⁴ (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 106).

Die gebildeten Sporen im Sporophyten durchlaufen nicht gleichzeitig das Stadium der Meiose, sondern in Phasen. Wenn der Sporophyt jung ist, wird er von einem Involucrum¹⁵ geschützt. Wenn der Sporophyt wächst, fällt das Involucrum ab (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 112ff).

Spaltöffnungen

Die Sporophyten besitzen bei vielen Arten Stomata. Dabei befinden sich im Abschlussgewebe die meistens Spaltöffnungen. Die Stomata können sich jedoch weder öffnen noch schließen. Dadurch ist augenscheinlich, dass sie eine andere Funktion als in Gefäßpflanzen, wo sie dem Wasser- und Gasaustausch dienen, haben müssen. Nur die Stomata bei Hornmoosen spielen eine wichtige Rolle bei der Dehydrierung von Moosen und dem Aufplatzen des Sporophyten (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 115f).

Sporen

Die Sporen im Sporophyten befinden sich während ihrer Entwicklung in einem Schleim. Der Schleim trocknet aus, sobald die Sporen ausgereift sind. Bevor die Sporogonie¹⁶ eintritt, teilen sich die Zellen

¹² Das Antheridium bezeichnet das männliche Geschlechtsorgan der Moose (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 257).

¹³ Die Columella ist das sterile Leitgewebe der Hornmoose (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 258).

¹⁴ Mit dem Begriff Seta wird der Stiel der Sporenkapsel bei Leber- und Laumoosen bezeichnet. (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 265).

¹⁵ Das Involucrum ist eine Röhre aus Thallusgewebe, welches das sich entwickelnde Archegonium schützt (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 261).

des sporogenen Gewebes in eine Sporenmutterzelle und eine Pseudoelateren¹⁷. Die Sporenmutterzelle teilt sich durch Meiose in haploide Sporen. Die Pseudoelateren teilen sich durch mehrere Mitosen. Sind die Sporen reif, reißt die Sporenkapsel mithilfe der Pseudoelateren auf und die Sporen können verbreitet werden (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 115f).

Asexuelle Vermehrung

Asexuelle Vermehrung ist bei Hornmoosen selten. Die meisten Arten sind einhäusig, womit die Bedeutung der vegetativen Fortpflanzung gering ist. Bedeutend ist die asexuelle Vermehrung bei zweihäusigen¹⁸ Arten und bei diesen vor allem, wenn Individuen mit weiblichen und Individuen mit männlichen Geschlechtsorganen nicht an denselben Standorten vorkommen (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 118).

Besonders am Sporophyt der Hornmoose ist, dass dieser im Aufbau dem Sporophyten der ersten fossilen Landpflanzen gleicht (Frahm, 2006, S. 20f). Aktuelle Studien haben auch gezeigt, dass Hornmoose einen gemeinsamen Vorfahren mit Gefäßpflanzen besitzen (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 106).

2.1.2. Laubmoose (Bryophyta)

Verbreitung

Derzeit sind weltweit mehr als 12 000 Laubmoosarten bekannt (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 70), womit sie die größte Gruppe der Moose darstellen (Frahm, 2006, S. 32). Laubmoose kommen weltweit in fast jedem Ökosystem vor (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 70). Der einzige Lebensraum, in welchem Laubmoose nicht vorkommen, sind die Ozeane. Bei der Besiedelung verfolgen Laubmoose eher eine generalistische Strategie. Eine Spezialisierung auf einen oder mehrere Faktoren ist möglich aber in vielen Fällen nicht erforderlich (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 104f).

Eine eindeutige morphologische Definition der Laubmoose ist aufgrund ihrer großen Vielfalt nicht möglich (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 70).

¹⁶ Bei der Sporogonie werden die Sporen gebildet.

¹⁷ Pseudoelateren sind Zellen in der Sporenkapsel, welche die Sporenausbreitung unterstützen. Diese Zellen sind diploid (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 264).

¹⁸ Zweihäusig bedeutet, männliche und weibliche Gametangien werden nicht auf demselben Gametophyten gebildet (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 258).

In der Abteilung der Laubmoose können drei Gruppen unterschieden werden: einerseits die Torfmoose (Sphagnopsida) und die Klaffmoose (Andreaeopsida) und andererseits die Laubmoose im engeren Sinn (Bryopsida) (Frahm, 2006, S. 33).

Torfmoose (Sphagnopsida)

Die Gruppe der Torfmoose umfasst weltweit ungefähr 300 Arten (Frahm, 2006, S. 33). Sie kommen, außer in Trockengebieten, weltweit vor (Frahm, 2006, S. 153).

Aufbau

Torfmoose weisen einige besondere Eigenschaften auf. Sie wachsen permanent, da sie an der Unterseite absterben und an der Spitze weiter wachsen. Des Weiteren können Torfmoose das bis zu Dreissigfache ihres Trockengewichtes an Wasser speichern. Dies ermöglichen ihnen die Hyalocyten¹⁹ in den Blättern (Frahm, 2006, S. 151). Einige Arten haben zusätzlich eine Hyalodermis²⁰ auf der äußeren Epidermis ausgebildet, welche ebenfalls der Wasserspeicherung dient (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 75). Neben diesen besitzen sie Chlorocyten²¹ (Frahm, 2006, S. 151). Torfmoose besitzen Hyalocyten und Chlorocyten, da sie durch den Besitz beider Zellen in der Lage sind CO₂ zu erwerben, während sie hydratisiert sind (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 85). Torfmoose wachsen aufrecht, wobei ihre Stämmchen Büschel von Blättern tragen, die sich an der Spitze zu einem Köpfchen verdichten (Frahm, 2006, S. 151). Torfmoose bilden zusätzlich zu den Stämmchen auch Zweige aus, die ebenfalls Blättchen für die Photosynthese tragen (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 72).

Die Fähigkeit der Wasserspeicherung dient Großteil der Nährstoffaufnahme. Allgemein ist die Konzentration an Nährstoffen in Moorwasser sehr gering. Durch die Hyalocyten wird die Oberfläche zur Resorption stark vergrößert, wodurch mehr Nährstoffe gegen Wasserstoffionen ausgetauscht werden können. Durch diesen Austausch wird das umgebende Wasser angesäuert. Durch dieses Ansäuern wird der Abbau von organischen Substanzen verhindert. Dies führt zum Beispiel zur Wassersättigung des Bodens und zum Erhalt der bekannten Moorleichen. Ebenfalls bleibt aufgrund dieser Bedingungen abgestorbenes Torfmoos erhalten und es entsteht in Folge Torf (Frahm, 2006, S. 153).

¹⁹ Hyalocyten sind große, tote Zellen, welche Wasser speichern (Frahm, 2006, S. 151).

²⁰ Die Hyalodermis ist eine wasserspeichernde Rinde bei Torfmoosen auf der äußeren Epidermis (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 75).

²¹ Chlorocyten sind lebende, grüne Zellen und dienen der Photosynthese (Frahm, 2006, S. 151).

Sporophyt

Ihre Sporenkapsel wird in dem Blätterköpfchen gebildet. Durch Sonneneinstrahlung trocknet die Sporenkapsel aus. Bei diesem Vorgang schrumpfen die Wände nach innen und sobald genügend Druck vorhanden ist, springt der Deckel ab und die Sporen werden herausgeschleudert (Frahm, 2006, S. 151).

Ökologie

In Torfmoosen und Torf sind große Mengen Kohlenstoff gespeichert. Dies führt im Zusammenhang mit der Klimaerwärmung zu einem nicht zu unterschätzenden Problem. Durch die steigenden Temperaturen wird der Torf zersetzt, wobei große Mengen an Kohlenstoffdioxid freigesetzt werden. Das Kohlenstoffdioxid führt zu einem weiteren Temperaturanstieg, was in weiterer Folge in einen Teufelskreis mündet (Frahm, 2006, S. 153).

Verwendung

In früheren Zeiten wurden Torfmoose vielfach in Gärtnereien zur Stecklings-Anzucht, als Verpackungsmaterial oder zur Umhüllung von Pflanzen verwendet. Durch die große Entnahme der Torfmoose aus ihren natürlichen Standorten sind diese stark zurückgegangen und zählen heute zu den bedrohten Lebensräumen (Frahm, 2006, S. 153/119ff).

Klaffmoose (Andreaeaopsida)

Die Gruppe der Klaffmoose ist mit rund 100 bekannten Arten die artenärmste Gruppe der Laubmoose. Sie wachsen bevorzugt im Hochgebirge und dort auf nacktem Fels. Ihren Namen verdanken sie der Tatsache, dass ihre Sporenkapseln meistens in vier Längsrissen aufreißen (Frahm, 2006, S. 33, Richardson, 1981, S. 2).

Laubmoose im engeren Sinn (Bryopsida)

Die Laubmoose im engeren Sinne sind die größte Gruppe der Laubmoose (Richardson, 1981, S. 2). Charakteristisch bei oben genannten Laubmoosen ist, dass sich bei den meisten Vertretern die Sporenkapsel mit dem Peristom öffnet (Frahm, 2006, S. 33). Die Sporenkapsel sitzt auf einem Stiel und auf der Oberseite der Sporenkapsel sitzt die Kalyptra (Richardson, 1981, S. 4). Am Rand der Kapsel befindet sich ein Peristom²², welches mit Hilfe von hygroskopischen²³ Bewegungen die Sporenmasse aus der Sporenkapsel transportiert. Die Ausprägung des Peristoms ist artspezifisch und

²² Das Peristom ist ein aus Zähnen bestehender Apparat. Dieser unterstützt die Verbreitung der Sporen (Frahm, 2006, S. 33).

²³ Hygroskopisch bedeutet, dass sie Wasser anziehen und dieses dann binden (Duden, 2016, Hygroskopisch).

wird aus diesem Grund als Bestimmungsmerkmal heran gezogen (Frahm, 2006, S. 33). Innerhalb der Gruppe der echten Laubmoose wird zwischen den akrokarpen²⁴ und den pleurokarpen²⁵ Laubmoosen unterschieden (Frahm, 2006, S. 34). Akrokarpe Moose besitzen eine sympodiale²⁶ Sprossverkettung (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 72) und bilden aufrechte Polster oder Rasen (Frahm, 2006, S. 34). Im Gegensatz dazu besitzen pleurokarpen Moose eine monopodiale²⁷ Sprossverkettung (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 72) und wachsen überwiegend in niederliegende Decken oder Matten (Frahm, 2006, S. 34).

Gametophyt

Aufbau

Allgemein ist der Gametophyt in Rhizoide, Cauloide²⁸ und Phylloide²⁹ gegliedert. Die Größe des Gametophyten variiert sehr stark und reicht von einem Millimeter bis zu einem halben Meter. Dies ist die maximale Größe, welche Moose erreichen können, aufgrund des Fehlens des Stoffes Lignin und des fehlenden Stützgewebes (Frahm, 2006, S. 32f). Der Gametophyt der Laubmoose ist in Modulen aufgebaut (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 70) und besitzt immer Blättchen, welche spiralig, echt zweizeilig oder dreizeilig angeordnet sind (Frahm, S. 32f). Die Blättchen von Laubmoosen sind immer stiellos. Die Ausbildung der Blättchen ist innerhalb einer Moospflanze verschieden. An der Basis sind die Blättchen anders ausgebildet als an der Spitze. Die Blattlamellen sind mit Wachs bedeckt. Sie ermöglichen das Bilden von Luftkammern zur CO₂ Speicherung (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 81ff/84).

Geschlechtsorgane

In der Abteilung der Laubmoose kommen sowohl einhäusige als auch zweihäusige Arten vor. Die Antheridien und Archegonien werden an der Spitze der Stämmchen oder Zweige gebildet und bilden Gruppen. Im Normalfall sind die Gruppen von Blättchen umgeben, welche die Geschlechtsorgane und im Anschluss den sich entwickelnden Embryo schützen. Zwischen den Gametangien bilden sich

²⁴ Akrokarp bedeutet, dass diese Moose gipfelfruchtig sind und aufrecht stehen (Frahm, 2006, S. 34).

²⁵ Pleurokarp bedeutet, dass diese Moose seitenfruchtig sind und niederliegend wachsen (Frahm, 2006, S. 34).

²⁶ Sympodiales Wachstum bedeutet, dass das Wachstum von der terminalen Seitenachse anstelle der Hauptachse fortgesetzt wird (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 265).

²⁷ Monopodiales Wachstum bedeutete, dass das Wachstum immer von der Spitze des vorjährigen Triebes ausgeht (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 262).

²⁸ Als Cauloide werden die Stämmchen der Moose bezeichnet. Cauloide können kein Wasser leiten (Frahm, 2006, S. 32f).

²⁹ Als Phylloide werden die Blättchen der Moose bezeichnet, wobei diese keine Stomata besitzen (Frahm, 2006, S. 32f).

oftmals Paraphysen³⁰. Es wird vermutet, dass diese mit Schleim gefüllt sind. Dieser Schleim speichert Wasser. Dieses schützt Gametangien vor dem Austrocknen (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 86). Bei Laubmoosen ist die Entwicklung der Geschlechtsorgane meistens von der Temperatur, in manchen Fällen jedoch von der Tageslänge abhängig (Richardson, 1981, S. 50f).

Archegonium

Das Archegonium der Laubmoose ist gestielt. Es besitzt einen Bauch und einen schmalen Hals, welcher oben geschlossen ist. Die Eizelle ist im Bauch des Archegoniums enthalten (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 86f).

Antheridium

Die Antheridien der Laubmoose sind keulenförmig und ebenfalls gestielt. Sie enthalten viele Spermazellen. Des Weiteren besitzen sie eine Operkulumzelle. Diese formt einen Deckel. Durch sich im Antheridium aufbauenden Druck wird der Deckel abgesprengt (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 87). Die Spermien der Laubmoose besitzen zwei Flagellen, die der Fortbewegung dienen (Richardson, 1981, S. 54ff).

Befruchtung

Die Ausbreitung der Spermien erfolgt immer durch das Vorhandensein von Wasser. Die Spermien werden entweder ausgeschleudert oder können auch mithilfe von Regentropfen mit sogenannten Spritzbechern zum Archegonium befördert werden. Wenn das Archegonium reif ist, platzen die Deckelzellen und die Halskanalzellen brechen, sodass die Spermien eindringen können. Im Archegonium erfolgt dann die Befruchtung (Richardson, 1981, S. 54ff).

Sporophyt

Aufbau

Der Sporophyt der Laubmoose ist ähnlich aufgebaut wie der Sporophyt der Lebermoose. Er ist ebenfalls gegliedert in einen Fuß, eine Seta und ein Sporangium. Mit dem Fuß ist der Sporophyt mit dem Gametophyten zeitlebens verbunden und von diesem abhängig (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 87ff). Seine prinzipielle Funktion ist das Absorbieren von Wasser, anorganischen Ionen und Nährstoffen, welche mittels Osmose von den Zellen des Gametophors in die Zellen des Sporophyten übertreten. Wenn die Kapsel reift, ändert sich die Funktion des Fußes. Nun dient er nicht mehr der Absorption, sondern der Verankerung des Sporophyten am Gametophyten (Richardson, 1981, S. 61f).

³⁰ Paraphysen sind sterile Filamente die zwischen den Geschlechtsorganen gebildet werden (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 263).

Zu Beginn ist der Embryo komplett von einer Schutzhülle des Archegoniums umschlossen (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 87ff).

Früh in der Entwicklung bilden sich zwei unterschiedliche Gewebe im Sporangium, das Endo- und das Amphithecium. Aus dem Amphithecium entwickeln sich die Kapselwand und das Peristom. Aus dem Endothecium entwickeln sich die Columella und der Sporensack (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 89f). Bei vielen Laubmoosarten besitzen die Sporenkapseln Stomata, welche die Photosynthese der Kapsel unterstützen (Richardson, 1981, S. 64f). Sicher ist, dass sie einen differenten Nutzen im Gegensatz zu anderen Landpflanzen haben (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 89f). Ebenfalls besitzen viele Laubmoosarten ein- oder zweireihige Peristome. Durch das Befeuchten oder Austrocknen bewegen sich die Peristomzähne und regeln somit die Sporenfreigabe. Die Peristomzähne sind je nach vorkommender Art unterschiedlich ausgebildet (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 91ff).

Sporenausbreitung

Bei der Ausbreitung der Sporen gibt es eine Vielzahl an unterschiedlichen Mechanismen. Die Ausbreitung ist in den drei Gruppen der Laubmoose unterschiedlich und innerhalb der Gruppen gibt es noch einmal starke Unterschiede (Richardson, 1981, S. 65ff). Die Ausbreitung der Sporen erfolgt außer bei einigen Arten, wie zum Beispiel bei *Splachnaceae* (bei diesem Laubmoos erfolgt die Sporenverbreitung durch Insekten) passiv durch den Wind oder durch das Wasser (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 94ff).

Sporen

Die Sporen der Laubmoose sind einzellig. Ihre Wand enthält Sporopollenin, welches eine hohe Resistenz gegen mechanischen und physischen Stress ermöglicht. Die Entwicklung der Sporen hängt von der Versorgung durch den Gametophyten ab. Zu Beginn der Entwicklung des Sporophyten ist dieser komplett in ein schützendes Gewebe des Archegoniums gehüllt. Wenn der Sporophyt wächst, reißt das Gewebe des Archegoniums, wobei ein Teil als Kalyptra auf der ganzen Sporenkapsel oder nur einem Teil dieser Kapsel verbleibt. Die Kalyptra ist von Art zu Art sehr unterschiedlich und wird zur Klassifikation der einzelnen Arten herangezogen (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 97f).

Asexuelle Vermehrung

Es wird angenommen, dass ungefähr die Hälfte der bekannten Laubmoose zweihäusig ist. Bei allen Laubmoosen spielt asexuelle Vermehrung eine wichtige Rolle. Asexuelle Vermehrung erfolgt bei Laubmoosen auf unterschiedlichen Wegen. Sie kann durch das Protonema, die Rhizoide, die Stämmchen, aber auch mit Hilfe der Blätter erfolgen (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 99f).

Symbiotische Assoziation

Laubmoose können mit einigen Organismen eine symbiotische Assoziation eingehen. Einerseits gehen manche mit verschiedenen Pilzen eine Assoziation ein. Ebenfalls können Laubmoose eine Assoziation mit Cyanobakterien eingehen. Die Cyanobakterien stellen den Moosen Stickstoff zur Verfügung und werden im Gegenzug von diesem geschützt (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 100f).

2.1.3. Lebermoose (Marchantiophyta)

Verbreitung

Weltweit sind derzeit ungefähr 5000 Arten bekannt, wobei diese auf jedem Kontinent und in fast jedem Ökosystem vorkommen (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 43). Lediglich in Ozeanen und anderen salzig-aquatischen Habitaten kommen Lebermoose nicht vor (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 43). Thallöse Lebermoose kommen bevorzugt in offenen, trockenen Habitaten vor. Dem gegenüber dominieren beblätterte Lebermoose geschlossene Vegetation, wo ein kühles und feuchtes Klima vorherrscht (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 65ff).

Aufbau

Innerhalb der Abteilung der Lebermoose sind die einzelnen Arten recht divers. Näher auf den Sporophyten wird später in diesem Kapitel eingegangen (Frahm, 2006, S. 22). Innerhalb der Lebermoose unterscheidet man zwei Gruppen. Einerseits die komplex gebauten thallösen Lebermoose und andererseits die Gruppe mit entweder einfach gebauten Thalli oder beblätterten Lebermoosen (Frahm, 2006, S. 22/29).

Komplex gebaute thallöse Lebermoose (Marchantiopsida)

In dieser Gruppe der Lebermoose sehen die Pflanzen dem menschlichen Organ Leber ähnlich, was zu ihrem deutschen Namen geführt hat. Der Thallus der Lebermoose ist stark differenziert. Auf eine äußere Wachsschicht folgt eine Epidermis mit darin eingelassenen Atemporen. Darauf folgt ein Assimilationsgewebe, gefolgt von einem Speichergewebe, einer Epidermis und einer weiteren Wachsschicht. Der soeben beschriebene Aufbau gleicht dem Aufbau eines Laubblattes bei Blütenpflanzen, wobei dieser in beiden Gruppen der Optimierung der Photosynthese dient. Wichtig ist zu beachten, dass bei Moosen der Gametophyt (haploid) und bei Blütenpflanzen der Sporophyt (diploid) die dominierende Generation ist (Frahm, 2006, S. 22).

Einfach gebaute thallöse und foliose³¹ Lebermoose (Jungermanniopsida)

Bei den einfach gebauten thallösen Lebermoosen ist der Thallus nicht in unterschiedliche Gewebe differenziert. Auch bei dieser Gruppe werden die Geschlechtsorgane im Thallus gebildet (Frahm, 2006, S. 29). Die Gruppe der beblätterten Lebermoosen ist die größte Gruppe innerhalb dieser Abteilung (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 44). Diese besitzen Blättchen auf den Stämmchen (Frahm, 2006, S. 29), wobei es hier eine große Vielfalt mit teilweise unterschiedlichen Funktionen gibt (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 46). Bei diesen Arten bilden sich die Archegonien an der Spitze der Moospflanze und werden von einer Hülle umgeben. Die Hülle (Perianth) setzt sich meist aus drei Blattrihen zusammen (Frahm, 2006, S. 29).

Gametophyt

Allen Gametophyten von Lebermoosen ist der Besitz von einzelligen Rhizoiden und Ölkörpern gemeinsam. Die Rhizoide dienen der Verankerung und der externen Leitung von Wasser und Nährstoffen. Der Besitz von Ölkörpern ist einmalig unter den Landpflanzen. Innerhalb der Lebermoose besitzen 90% aller Arten Ölkörper, wobei diese in ihrer Gestalt, Anzahl, Form und chemischer Zusammensetzung von Art zu Art verschieden sind. Die Funktion dieser Ölkörper ist vielseitig und dient zum Beispiel dem Gefrier- oder Fraßschutz (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 49ff). Zusätzlich zu den Ölkörpern produzieren Lebermoose Schleim. Dieser Schleim schützt bestimmte Regionen vor dem Austrocknen (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 52).

Geschlechtsorgane

Bei Lebermoosen werden auf der Thallusoberfläche sowohl Antheridien als auch Archegonien gebildet, (Frahm, 2006, S. 29) wobei zwei Drittel aller Arten zweihäusig sind (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 52).

Archegonium

Die Archegonien von Lebermoosen besitzen einen Bauch und einen Hals. Äquivalent wie bei den Antheridien werden auch die Archegonien von komplex gebauten thallösen Lebermoosen mit Hilfe eines Stiels in die Luft gehoben. Das Archegonium wird von einem Perianth³² geschützt. Das Perianth ist zunächst klein, wächst dann jedoch mit dem sich entwickelnden Embryo mit. Das Perianth wird dann als Kalyptra bezeichnet. Oftmals wird bei thallösen Lebermoosen zusätzlich noch ein Involucrum als Schutz für das Archegonium gebildet (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 52ff).

³¹ Folios bedeutet, dass diese Moose Blättchen besitzen.

³² Das Perianth wird von Blättern gebildet und schützt den sich entwickelnden Embryo (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 263).

Antheridium

Die Antheridien besitzen bei vielen Arten eine Kammer und einen Stiel. Bei komplex gebauten thallösen Arten werden die Antheridien mit Hilfe des Stiels in die Luft gehoben, damit eine bessere Ausbreitung ermöglicht wird. Sind die Antheridien reif trocknen sie aus und reißen anschließend auf. Die Spermatozoide der männlichen Geschlechtsorgane werden somit entlassen und zu den Archegonien verbreitet (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 52).

Sporophyt

Aufbau

Der Sporophyt bei Lebermoosen gliedert sich in einen Fuß, einen Stiel und eine Sporenkapsel. Der Fuß verankert den Sporophyten auf dem Gametophyten (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 55). Das Sporangium³³ wird von einer schützenden Epidermis umgeben, wobei diese keine Stomata aufweist. Des Weiteren besitzt der Sporophyt der Lebermoose keine Columella und Schwesternzellen der Sporenmutterzellen entwickeln sich zu Elateren³⁴.

Sporenverbreitung

Nach der Sporogonie wird das Sporangium durch die Seta empor gehoben (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 43). Dabei wird die Kalyptra durchstoßen. Diese verbleibt immer auf dem Gametophyten, ist aber niemals so auffällig wie bei den Laubmoosen (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 57). Die Zellen des sporogenen Gewebes teilen sich in eine Sporenmutterzelle und eine Elatere. Die Elateren fördern durch hygroskopische Bewegungen die Sporenverbreitung (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 56f). Wenn die Sporen reif sind reißt die Kapsel in vier Längsrissen auf, wodurch die in der Kapsel enthaltenen Sporen freigesetzt werden (Frahm, 2006, S. 22).

Asexuelle Vermehrung

Asexuelle Vermehrung ist bei Lebermoosen weit verbreitet. In den einfachsten Fällen erfolgt vegetative Vermehrung mit Hilfe von Fragmenten (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 59ff).

³³ Das Sporangium ist der Teil des Sporophyten, wo die Sporenmutterzellen gebildet werden und das Stadium der Meiose durchlaufen. Durch die Meiose entstehen haploide Sporen (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 265).

³⁴ Elateren unterstützen die Sporenausbreitung (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 259).

Symbiotische Assoziation

Die Hälfte aller bekannten Lebermoose geht eine enge Assoziation mit Pilzen ein. Die dabei entstehende Assoziation ist nicht spezifisch, da ein Moos von unterschiedlichen Pilzen besiedelt werden kann. Die Pilze dringen in die Lebermoose über die Rhizoide ein. Im Normalfall wird das Moosgewebe intakt gelassen. In wie weit jedoch Lebermoose aus dieser Assoziation einen Nutzen haben kann derzeit nur vermutet werden (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 61f).

2.2. Lebenszyklus

Allgemein ist der Lebenszyklus aller Landpflanzen von dem Wechsel zwischen einer haploiden und einer diploiden Phase charakterisiert. Es beginnt mit der haploiden Phase und nach einer erfolgreichen Befruchtung erfolgt die diploide Phase. In dieser kommt es zu einer Meiose, woraus wieder haploide Zellen hervorgehen und der Lebenszyklus von neuem beginnen kann. Der Gametophyt trägt die Geschlechtsorgane und der Sporophyt enthält das Sporangium, in welchem die Sporen gebildet werden. Bei allen Landpflanzen mit Ausnahme der Moose dominiert die diploide Phase (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 3ff).

Bei Moosen stellt der Gametophyt die dominante Phase in ihrem Lebenszyklus dar (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 3ff). Daraus ergibt sich als Schlussfolgerung, dass die eigentliche Moospflanze haploid ist, also nur einen einfachen Chromosomensatz besitzt (Frahm, 2006, S. 7). Nach der Keimung der Spore entwickelt sich das Protonema³⁵. Auf dem Protonema werden dann die Gametophyten gebildet. Auf den Gametophyten bilden sich dann in weiterer Folge die Geschlechtsorgane, bei Moosen die Antheridien und Archegonien. In den Antheridien werden die Spermatozoiden und im Archegonium eine Eizelle gebildet. Nach einer erfolgreichen Befruchtung bildet sich der diploide Sporophyt, welcher haploide Sporen bildet. Diese werden verbreitet und der Lebenszyklus beginnt wieder von vorne. Ihr Sporophyt ist zeitlebens abhängig vom Gametophyten und wächst auf diesem (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 3ff).

2.3. Geschichtlich Aspekte (Lebende Fossilien)

Im Laufe der Erdgeschichte war die Erde und somit auch die auf ihr vorkommende Tier- und Pflanzenwelt einem ständigen Wandel unterworfen. Im Laufe der Jahrtausende kam es zu mehreren großen Aussterbeereignissen und großen Artbildungsperioden. Im Zuge dieser Prozesse sind viele

³⁵ Das Protonema ist das erste mehrzellige Stadium der Spore nach der Keimung (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 264).

Arten neu entstanden, aber mindestens genauso viele haben sich verändert oder sind ganz verschwunden. Eine Gruppe, welche dies kaum betrifft, sind die Moose. Die ersten bekannten Moos-Fossilien stammen aus dem Devon und sind ungefähr 320 Millionen Jahre alt (Frahm, 2006, S. 48f). Über die Entstehung von Moosen ist aus der Fossiliengeschichte nichts bekannt, da die oben genannten Fossilien derzeit als die Ältesten gelten und dadurch über den Ursprung der Moose nur spekuliert werden kann (Frahm, 2006, S. 52ff). Es wird jedoch angenommen, dass Moose schon früher in der Erdgeschichte entstanden sind (Richardson, 1981, S. 13ff). Moose stellen das Verbindungsglied zwischen den Landpflanzen und den Algen dar. Es wird angenommen, dass Moose heute die nächsten Verwandten zu den ersten Landpflanzen sind (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 2). Des Weiteren nimmt man an, dass Lebermoose älter als Laubmoose sind. Leider sind bis heute nur wenige Fossilien von Moosen gefunden worden (Richardson, 1981, S. 13ff).

Die gefundenen Fossilien können heute bekannten Gattungen problemlos zugeordnet werden. Es zeigt sich, dass sich Moose in den letzten 320 Millionen Jahren kaum verändert haben. Es kam lediglich zu adaptiver Artbildung. Es hat sich auch gezeigt, dass Moose von den Aussterbeereignissen kaum betroffen waren, aber es auch keine Artbildungsperioden gegeben hat, wie dies bei den anderen Pflanzengruppen der Falls ist (Frahm, 2006, S. 48f). Es wird allerdings vermutet, dass die Moosflora zu Beginn weniger artenreich war als heute und es zu einem Zuwachs an Arten mit der Zeit gekommen ist. Aus den Fossilienbefunden ist jedoch nicht ersichtlich, wie artenreich die damalige Moosflora war (Frahm, 2006, S. 55).

Bernsteinwälder

Schöne Fossilien von Moosen hat man in Bernstein gefunden. Solche Funde sind im Baltischen, Sächsischen und Dominikanischen Bernstein eingeschlossen. Baltischer und Sächsischer Bernstein ist 45 Millionen Jahre alt, stammt also aus dem Tertiär. Insgesamt wurden in diesem 75 verschiedene Moosarten gefunden. Von diesen sind 26 Lebermoose, die alle auch heute bekannten Gattungen zugeordnet werden können. Von den gefundenen Laubmoosen können 27 Arten noch heute bekannten Arten zugeordnet werden. Dominikanischer Bernstein ist 25 Millionen Jahre alt. Dieser ist klarer als der Baltische und alle in ihm gefundenen Laubmoose kommen in diesem Gebiet auch heute noch vor (Frahm, 2006, S. 58f).

Darüber, warum Moose die Entwicklung der Erdgeschichte unbeschadet überstanden haben, kann nur spekuliert werden. Einerseits werden Moose kaum von Tieren gefressen, da sie kaum Nährstoffe enthalten. Weiter besitzen Moose die Fähigkeit sich gut an sich ändernde Umweltbedingungen anzupassen, wie zum Beispiel im Mesozoikum an wüstenhafte Biotope. Ein weiterer Vorteil ist, dass Moose bevorzugt in kühleren Habitaten vorkommen und somit eine Klimaverschlechterung besser

als die übrigen Pflanzen überstanden haben (Frahm, 2006, S. 49ff). Betrachtet man Moose genetisch, zeigt sich, dass sich ihr Erbgut im Laufe der Zeit nicht stark verändert hat, wie dies bei anderen Organismen der Fall war. Dies ist verwunderlich, da Moose als Gametophyten haploid sind. Jedoch besitzen die meisten Moose hohe Chromosomenzahlen, was daraufhin weist, dass sie eine Polyploidisierung³⁶ erfahren haben. Somit verfügen sie, wie diploide Organismen, über eine Kopie der Erbinformationen und können auftretende Schäden somit reparieren (Frahm, 2006, S. 56f).

Eiszeiten und Nacheiszeit

Am Ende des Tertiärs kühlte sich das Klima ab und es folgten sechs Eiszeiten mit dazwischen liegenden Warmzeiten. Aufgrund des sich ändernden Klimas verschwanden tropische Pflanzenarten langsam aus Europa und es wanderten kälteliebende Arten ein. Dies war auch bei Moosen der Fall. Diese kälteliebenden Moosarten charakterisieren die moderne Moosflora immer noch (Frahm, 2006, 63). Die Zeit während der Eiszeiten haben diese Arten in Refugien³⁷ verbracht. Zwischen den einzelnen Eiszeiten kamen die wärmeliebenderen Arten wieder zurück. Dadurch, dass die Arten teilweise in unterschiedlichen Refugien überdauert haben, kam es immer wieder zu neuen Artbildungen. Trotz dieser Refugien ist die Artenvielfalt der Moose, so wie der aller anderen Pflanzen, während der Eiszeiten zurückgegangen. Dies lässt sich anhand von Fossilien aus Mooren erkennen. 5000 Jahre nach der letzten Eiszeit kam es zu einer starken Erwärmung. Auf Grund dieser sind viele mediterrane Arten in Europa heimisch geworden, von denen einige Relikte auch heute noch in Europa zu finden sind (Frahm, 2006, S. 65ff).

Neuzeit

Informationen aus der jüngsten Vergangenheit gewinnt die Wissenschaft anhand von archäologischen Befunden. Diese stammen aus dem Zeitraum zwischen 700 und 1 700 n. Chr. Unter diesen Funden ließen sich 116 verschiedene Moosarten feststellen, wobei die meisten Funde aus Latrinen und Kloaken stammen. Aus der Analyse dieser Arten hat sich ergeben, dass heute seltene Arten früher durchaus häufig auftraten. Die größte Veränderung in der Moosflora trat jedoch innerhalb der letzten 150 Jahre ein und wurde durch den Menschen verursacht. Die sichtbaren Veränderungen wurden zum Beispiel durch die Industrialisierung, die Entwässerung von Mooren und Sümpfen oder das Aufforsten von Wäldern herbeigeführt (Frahm, 2006, S. 69).

³⁶ Polyploid bedeutet das der Organismus mehrere idente Chromosomensätze besitzt (Frahm, 2006, S. 57).

³⁷ Refugien sind Gebiete während einer Eiszeit wo wärmeliebende Arten die kalte Zeit überdauert haben.

2.4. Lebensräume

Moose kommen auf der Erde in nahezu allen Lebensräumen vor. Diese Vielfalt an Lebensraumbesiedelungen verdanken Moose ihrer Physiologie. Im folgenden Abschnitt werden einige Lebensräume näher betrachtet.

Temperate Wälder

Moose bevorzugen Wälder mit einem feuchten Klima. Somit kommen in temperaten Wäldern viele verschiedene Moosarten, unter anderem auch in Form von Epiphyten auf Bäumen vor. Auf den Bäumen dieser Wälder ist eine Zonierung erkennbar, wobei jede Zone von unterschiedlichen Moosarten besiedelt wird (Richardson, 1981, S. 147f). Moose spielen in Bezug auf den Wasserhaushalt von temperaten Wäldern eine wichtige Rolle. Moose nehmen Wasser durch ihre gesamte Oberfläche und somit auch aus der Luft auf. Das aufgenommene Wasser wird von den Moosen gespeichert, welches wieder an seine Umwelt abgegeben werden kann (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S.33f).

Städte

Auch in dem Lebensraum Stadt sind viele verschiedene Moosarten zu finden. In Städten werden von Moosen Betonmauern, verputzte Mauern, schattige Wände, Pflasterritzen, Kanalufer, Parks und vielen anderen Standorten besiedelt. Es zeigt sich, dass die Moosflora in Städten reichhaltiger als auf intensiv genutzten Landwirtschaftsflächen ist. An dem Vorhandensein und Nichtvorhandensein von bestimmten Moosarten kann man den Grad der Luftverschmutzung durch Stickstoffemissionen feststellen (Frahm, 2006, S. 190ff).

Hochmoore

Hochmoore werden überwiegend von Torfmoosen gebildet (Frahm, 2006, S. 151). Näher auf Torfmoose wird im Abschnitt der Laubmoose (2.1.2.) eingegangen.

Tundra und Gebirge

In diesen Lebensräumen ist die Artenvielfalt von Moosen groß, da hier der Konkurrenzdruck vonseiten der anderen Pflanzen niedrig ist. Des Weiteren ist die Vegetationsperiode in solchen Habitaten sehr kurz, was den Moosen jedoch keine Probleme bereitet. Außerhalb der Vegetationsperioden überdauern Moose die ungünstigen Bedingungen unter Schnee und Eis. Ein weiterer entscheidender Vorteil von Moosen gegenüber anderer Pflanzen ist ihr niedriger Anspruch an das Substrat (Frahm, 2006, S. 184f).

Epiphyten³⁸

Wenn Moose auf Bäumen wachsen werden sie als Epiphyten bezeichnet (Frahm, 2006, S. 160). Wichtige Faktoren bei der Besiedlung von Moosen auf Bäumen sind die Intensität des einfallenden Lichtes (in der Krone deutlich höher als Nahe des Bodens) und die unterbrochene Wasserzufuhr. Moose wachsen unter anderem auf der oberen Seite der Zweige, wo sie durch den Wind den meisten Regen und das meiste abfließende Wasser erhalten. Moose können an vier verschiedenen Stellen auf Bäumen vorkommen: auf der Stammbasis nahe des Bodens, am Stamm, auf sich ausbreitenden Zweigen und jungen Ästen (Richardson, 1981, S. 146f). Innerhalb eines Baumes lässt sich eine Zonierung von Moosen erkennen, wobei die Artenvielfalt mit steigender Baumhöhe wächst (Frahm, 2006, S. 164f).

Tropenwälder

In den Tropenwäldern kommen weltweit die meisten Moose vor. In diesen besiedeln Moose den Erdboden, Felsen und besonders gerne Bäume. Viele Moose kommen epiphytisch bzw. epiphyllisch auf Bäumen vor, wobei die meisten dieser Moose Lebermoose sind (Frahm, 2006, S. 180). Von diesen Arten besiedeln einige nur eine einzige Baumart. Laubmoose besiedeln bevorzugt langlebige Blätter, wohin gegen Lebermoose raue, ledrige Blätter bevorzugen (Richardson, 1981, S. 147). Die Artzusammensetzung der Moose ist von der Meereshöhe abhängig (Frahm, 2006, S. 184).

Heiße Quellen

Das heiße Wasser, welches bei heißen Quellen aus dem Boden kommt, besitzt eine Temperatur von nahezu 100 Grad Celsius. Das Wasser kühlt rasch ab und produziert dabei heißen Dampf. Durch diesen Prozess herrscht um die Quellen herum eine hohe Feuchtigkeit, welche für Moose wichtig ist (Richardson, 1981, S. 134ff).

Seen

Am Grund von Seen kommen ebenfalls einige Moose vor, wobei sie auf weichem Schlamm, Sand und Fels wachsen. Die CO₂ Versorgung ist an Seen jedoch sehr schlecht, was für Moose ungünstig ist, da sie nur CO₂ als Kohlenstoffquelle nutzen können. Die maximale Wassertiefe, in welcher Moose vorkommen, ist abhängig von der Tiefe, bis zu welcher Licht eindringt. Diese Tiefe wiederum ist abhängig von der Menge der freischwebenden Partikel, der Konzentration der gelösten Huminsäuren, der Dicke der Eisschicht und ähnlichen Faktoren. Die Verbreitung von Moosen, die in Seen vorkommen, erfolgt ausschließlich vegetativ. Viele Arten entstanden, als vegetative

³⁸ Epiphyten sind Pflanzen welche auf anderen Pflanzen aufsitzen und den Wirtsbaum nicht schädigen (Richardson, 1981, S. 212).

Bruchstücke von Moosen in die Seen durch Wind oder Wasser eingebracht wurden. Diese haben sich den neuen Bedingungen angepasst und kommen seitdem in diesen Habitaten vor (Richardson, 1981, S. 136f).

Kalktuffe

Durch Regenwasser kann Kalkstein erodiert werden, wobei bei diesem Prozess Kalzium aus dem Kalkstein herausgewaschen wird. Das Kalzium wird dann mit dem Wasser transportiert. Wenn dieses Wasser wieder an die Oberfläche kommt, wird das Kalzium erneut abgelagert, wobei bei diesem Prozess Moose eine wichtige Rolle spielen. Bei diesem Prozess entsteht Tuffkalk. Auf dem Tuffkalk befindet sich eine schwammige Schicht von Moosen und Algen. Diese erzeugen eine Oberfläche, welche Kalzium absorbieren, halten und wieder abgeben kann. Das Besondere bei diesem Prozess ist, dass die Moose an der Basis zementiert sind, aber an der Oberfläche weiter wachsen. Somit entsteht ein immer dicker werdender Tuffkalk (Richardson, 1981, S. 137ff).

Meerwasser

Im Normalfall kommen Moose nicht in Salzwasser vor. Es sind derzeit auch keine marinen Moose bekannt. Es kommen jedoch wenige Laubmoose auf küstennahen Felsen vor, wo sie zeitweise von Meerwasser überflutet werden. Des Weiteren sind Moose in Verbindung mit Salzwasser aus Salzsümpfen, sowie aus Habitaten, wo Minerale das Wasser salzhaltiger machen, bekannt. Damit diese Moose bei einer Berührung mit Meerwasser ihren inneren Kalziumlevel aufrechterhalten können, spielen Kalzium und Magnesium eine wichtige Rolle (Richardson, 1981, S. 139f).

Sand

Allgemein gelten Moose als Pionierpflanzen auf Sanddünen, was bedeutet, dass sie mit der Zeit von anderen Pflanzen, wie etwa Flechten, verdrängt werden. Bei küstennahen Sanddünen spielen Laubmoose bei deren Besiedelung eine Rolle. Moose helfen dabei die Dünen zu stabilisieren, vermehren die organische Masse und unterstützen die feuchten Bedingungen nahe der Oberfläche aufgrund ihrer Wasserhaltefähigkeit (Richardson, 1981, S. 141ff).

Moose können ebenfalls in Wüsten, jedoch nur an nördlich exponierten Hängen, vorkommen. Dies ist möglich, indem sie Tauwasser oder Wasser bei feuchten Nachtbedingungen absorbieren. Mit Hilfe dieses Wassers können sie für eine kurze Zeit nach der Morgendämmerung Photosynthese betreiben, bevor sie für den Rest des Tages austrocknen (Richardson, 1981, S. 143). Der Grund warum Moose in Wüsten vorkommen ist, dass an diesen Standorten nur eine geringe Konkurrenz herrscht (Frahm, 2006, S. 186ff).

Trockengefallender Schlamm

Trockengefallene Schlammflächen bieten Moose einen kurzzeitigen guten Standort. Für andere Pflanzen ist dieses Habitat ungünstig zu besiedeln, da es nur eine begrenzte Zeit zur Verfügung steht. Moose von solchen Standorten besitzen die Fähigkeit, ihren Lebenszyklus innerhalb von vier Wochen zu durchlaufen, womit solche Habitate ideal für sie sind (Frahm, 2006, S. 140f).

Standorte mit Schwermetallen

Allgemein betrachtet sind Schwermetalle toxisch für Pflanzen und Tiere, womit nur wenige Pflanzen an solche Standortbedingungen angepasst sind. Manche Moose kommen in schwermetallbelasteten Habitaten vor, wobei sich gezeigt hat, dass aufgrund der hohen Toleranzfähigkeit von Moosen eine genetische Anpassung, wie sie bei Angiospermen, die in solchen Habitaten vorkommen, nicht erforderlich ist (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 229ff). Moose nehmen die Schwermetalle zusammen mit den Nährstoffen und dem Wasser auf. Diese werden dann aber in Vesikel gespeichert und inaktiviert. Somit schaden sie dem Moos nicht. Ein Vorteil dieser Arten ist, dass man durch eine Schwermetallanalyse die Schwermetallbelastung der Standorte mit Hilfe dieser Moose messen und Schwermetallagerstädte durch eine Prospektion³⁹ feststellen kann (Frahm, 2006, S. 173/178).

2.5. Ökologie

Ganz allgemein spielen in der Ökologie verschiedene Faktoren eine wichtige Rolle. Einen entscheidenden Einfluss besitzen physikalische (Licht, Wasser, Temperatur, Wind, etc.), bodenbedingte (Natur und Art des Substrates) und biotische (Herbivoren, Parasiten) Faktoren (Richardson, 1981, S. 134).

Moose hängen, genauso wie andere Pflanzen, eng mit ihrer Umwelt zusammen, wodurch sich ihre Artzusammensetzung und Physiologie bei sich veränderten Umweltbedingungen verändert. Durch die Analyse von Makrofossilien hat sich gezeigt, dass Moose auch in der Vergangenheit sensibel auf Umweltveränderungen reagiert haben. Aus diesem Grund, wird aufgrund der globale Erwärmung ein Wechsel in der Verbreitung der Moose erwartet (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 214). Die Sensibilität von Moosen auf sich verändernde Umweltbedingungen resultiert daraus, dass Moose

³⁹ Unter Prospektion versteht man die Suche und Erkundung neuer Rohstofflagerstädte (Wikipedia, 2016, Prospektion (Geologie)).

poikilohydrisch⁴⁰ sind und da sie meistens keine schützende Cuticula besitzen, reagieren sie äußerst empfindlich gegenüber Verschmutzungen (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 214).

Luftverschmutzungen

Den größten Einfluss in Bezug auf Luftverschmutzung auf Moose haben Schwefeldioxid (SO₂), Kohlenwasserstoff und Stickstoffoxide. Den größten Teil der Industrierverschmutzung verursacht Schwefeldioxid, welcher bei Kraftwerken und Schmelzereien anfällt (Richardson, 1981, S. 151). Schwefeldioxid tritt in der Natur in Form von saurem Regen auf (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 214f). Es hat sich gezeigt, dass in Gebieten mit einer erhöhten Luftverschmutzung, die Moosfauna deutlich ärmer als in weniger verschmutzten Gebieten ist (Richardson, 1981, S. 151).

Gasförmige Verschmutzung

Von gasförmigen Verschmutzungen reagieren Moose am empfindlichsten auf Schwefeldioxide. Der Ausstoß an Schwefeldioxiden durch die Industrie ist am größten im Winter, was sich besonders negativ auswirkt. Die große Empfindlichkeit von Moosen in Bezug auf SO₂ resultiert daher, dass Moose metabolisch am aktivsten im Winter sind, ihre Gametophoren keine Stomata oder eine dicke, sie schützende Cuticula aufweisen, womit der Schwefeldioxid leichter eindringen kann (Richardson, 1981, S. 151f).

Bei Moosen ist es Art abhängig, wie empfindlich sie auf Schwefeldioxid reagieren. Bringt man SO₂ empfindliche Pflanzen in ein SO₂ verschmutztes Gebiet ein, verlieren sie aufgrund der Verschmutzung ihre grüne Farbe. Der Farbverlust beginnt in den Blattspitzen und setzt sich bei längerer Exposition weiter fort. Des Weiteren gehen die Artenhäufigkeiten und ihr Wachstum zurück. Allgemein hat sich gezeigt, dass ein erhöhtes Vorhandensein von SO₂ einen negativen Einfluss auf die Photosynthese Aktivität hat (Richardson, 1981, S. 152ff).

Obwohl in den letzten beiden Dekaden ein positiver Trend im Sinne eines Rückganges der SO₂ Verschmutzung wahrgenommen wurde, ist der schädliche Einfluss von saurem Regen in Moosgesellschaften noch zu beobachten. In nördlichen Ländern ist SO₂ Verschmutzung heutzutage kein Problem mehr. Am stärksten sind Habitate betroffen, die kaum eine Pufferfähigkeit besitzen, wodurch der PH-Wert stark anstieg. Daraus resultierte ein Wechsel der Moosgesellschaft von säuresensiblen zu säuretolerierenden Arten (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 215ff). Besonders stark betroffen sind die Moore (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 217).

⁴⁰ Poikilohydrisch bedeutet, dass diese Pflanzen Wasser mit ihrer Umwelt austauschen können. Sie können ihren internen Wassergehalt dem der umgebenden Feuchtigkeit anpassen (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 263).

Metallische Verschmutzung

Ebenfalls einen negativen Einfluss auf Moose besitzen metallische Verschmutzungen. Moose können metallische Ionen entweder an der Basis aufnehmen und diese dann zu der Spitze transportieren oder sie nehmen die Ionen über ihre gesamte Oberfläche auf. Die metallischen Ionen werden Großteils außerhalb der Zellen angesammelt (Richardson, 1981, S. 155f). Bei einigen Arten ist es möglich, zusätzlich zu der Akkumulation der metallischen Verschmutzung, annuelles Wachstum, die Bestimmung des Alters und die Zeit, welche die Moose der metallischen Verschmutzung ausgesetzt sind zu bestimmen (Zechmeister et al., 2008, S. 334).

Stickstoff

Das Element Stickstoff hat ebenfalls einen großen Einfluss auf Moose (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 219f). In der Vergangenheit hat der Wechsel in der Treibstoffnutzung und der Kompostindustrie zu mehr atmosphärischem Stickstoff geführt (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 214f). Durch den starken Anstieg von Stickstoffoxiden kam es zu einer starken Eutrophierung⁴¹ (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 219f). Der negative Einfluss von Stickstoff zeigt sich im Kontext des globalen Klimawandels. Hier zeigt sich, dass vermehrte Düngung und der Temperaturanstieg einen Anstieg der krautigen Pflanzenwelt erzeugt, welche die Moose überschatten. In arktischen Regionen steigt die Aktivität von Mikroorganismen mit steigender Temperatur, was zu einer vermehrten Mineralisation führt. Da Pflanzen von der Eutrophierung erst bei steigenden Temperaturen profitieren, hat die Interaktion zwischen diesen beiden Faktoren den größten Einfluss auf Moose (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 220f).

Moose spielen eine entscheidende Rolle in Nährstoffkreisläufen. Sie entlassen Nährstoffe, die dann von anderen Organismen genutzt werden können. Manche Moose können sogar mit Cyanobakterien eine Symbiose eingehen und stellen durch diese Beziehung anderen Organismen atmosphärischen Stickstoff zur Verfügung (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 32f).

2.6. Moose und andere Organismen

Moose stellen einen großen Anteil an der Biomasse in vielen Vegetationszonen der Erde. Durch die große Menge an Biomasse werden viele Assoziationen zwischen Moosen und Tieren vermutet, von denen bisweilen nur wenige bekannt sind (Richardson, 1981, S. 103). Ganz allgemein betrachtet werden Moose von anderen Organismen entweder als Schutz oder selten auch als Nahrungsquelle

⁴¹ Unter Eutrophierung versteht man die Nährstoffanreicherung der Umwelt durch natürliche oder menschliche Prozesse (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 259).

genutzt (Richardson, 1981, S. 105). In terrestrischen Habitaten herrschen auf Moosen gemäßigte Temperaturen und feuchtere Bedingungen als in der umgebenden Umwelt. In aquatischen Habitaten reduzieren Moose die Wasser-Fließgeschwindigkeit und sammeln schwimmende Partikel an (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 40). Für viele Arthropoden beispielsweise bieten Moospolster einen Schutz vor dem herrschenden Klima, da die Bedingungen in den Moospolstern weniger rau sind (Richardson, 1981, S. 114f). Bewohnt werden Moose zum Beispiel von Bärtierchen, Rädertierchen, Fadenwürmer oder Amöben (Richardson, 1981, S. 105).

Im Folgenden nun einige Beispiele für Assoziation zwischen Moosen und anderen Organismen, wobei die Assoziationen von ganz unterschiedlicher Art sind (Richardson, 1981, S. 103).

Fliegen

Bei Fliegen wird vermutet, dass Larven von Vorfahren der heutigen Fliegen in feuchtem Moos gelebt haben. Aber auch heute zu Tage gibt es noch einige Arten, welche mit Moosen im Zusammenhang stehen. Bei einigen Arten leben zum Beispiel die Larven zwischen Moos, welches im Wasser schwimmt. Dies hat den Grund, dass sich die Larven auf dem Moos tarnen, um von Räubern nicht gesehen zu werden (Richardson, 1981, S. 107). Die Larven von Schnaken kommen hingegen auf terrestrischen Moosen vor. Das Weibchen legt ihre Eier auf der Moospflanze ab, wodurch die geschlüpften Larven gleich an der Futterquelle sind (Richardson, 1981, S. 109f).

Blattläuse

Bei einigen Blattlausarten spielt das Moos *Mnium* bei der Entwicklung eine wichtige Rolle. Blattläuse durchlaufen während ihrer Entwicklung mehrere Generationen. Die dritte Generation der Raupen besitzt Flügel und besiedelt das Moos *Mnium*, welches als sekundärer Wirt dient. Auf dem Moos werden 20 bis 30 Nymphen⁴² geboren, welche sich von dem Moos ernähren. Die Nymphen überwintern auf dem Moos und fliegen im nächsten Frühling davon (Richardson, 1981, S. 111).

Milben

Milben werden häufig auf Moosen gefunden, wobei diverse Milbenarten Moose unterschiedlich nutzen. Es gibt einige Milbenarten, welche sich ausschließlich von Moosen ernähren. Andere Milbenarten überwintern in Moospolstern unter dem Schnee und wieder andere kommen auf aquatischen Moosen vor. Bei diesen Moosen kann mit Hilfe der auf ihnen vorkommenden Milben eine Aussage über die Wasserqualität getroffen werden. Dabei gilt: steigt die Anzahl der Milben, so

⁴² Nymphen sind das letzte Stadium der Jungtiere einiger Arthropoden, die den erwachsenen Tieren in ihrer Gestalt schon sehr ähnlich sind und bereits Flügelanlagen besitzen (Spektrum der Wissenschaft, 1999, Nymphen).

sinkt die Qualität des Wassers (Richardson, 1981, S. 111f).

Algen

Viele verschiedene Algenarten leben eng zusammen mit Moosen. Besonders häufig kommt dies in feuchten Habitaten vor. Einige Algen kommen auf der Oberfläche der Blätter vor, wobei der Großteil knapp unterhalb der Blattoberfläche lebt und teilweise anderen Organismen als Nahrung dienen (Richardson, 1981, S. 130f). Erwähnenswert sind die Blaualgen. Diese können Stickstoff, welcher in der Luft enthalten ist, fixieren und diesen dann in Aminosäuren und Proteine einbauen. In nährstoffarmen Lebensräumen ist dies für viele Pflanzen und Organismen von großer Bedeutung. Durch den Tod der Algen wird der fixierte Stickstoff in die Umwelt abgegeben und somit für andere Organismen zugänglich. Viele Organismen gehen aus diesem Grund eine Assoziation mit Blaualgen ein, darunter auch einige Moose (Richardson, 1981, S. 128).

2.7. Highlights

Moorleichen

Durch die sauren, anaeroben Bedingungen ist die mikrobielle Zersetzung von organischem Material in Torfmooren sehr gering. Somit sind sowohl Tiere, als auch Pflanzen in Mooren gut konserviert. Durch diese Bedingungen sind auch die bekannten Moorleichen entstanden, wobei das Bestatten von Menschen im Moor in der Vergangenheit eine Zeitlang populär war. Aus der Bronze- und Eisenzeit sind ungefähr 700 Moorleichen in skandinavischen Torfmooren gefunden worden. Einige davon sind so gut erhalten, dass neben der Haut und der Kleidung sogar der Mageninhalt konserviert wurde. Viele dieser Leichen dürften einen gewaltsamen Tod gefunden haben und es wird angenommen, dass sie zu einem religiösen Zweck ermordet wurden (Richardson, 1981, S. 194f).

Legende: Der Körper von König Abel wurde 1252 in der Schleswig-Kathedrale begraben. Der Körper konnte jedoch nicht ruhig liegen, da der König seinen Bruder ermordet hatte. Daraufhin wurde sein Körper ausgegraben. Anschließend wurde er mit einem Pfahl durch seinen Körper in einem Moor erneut begraben, was seinen unruhigen Geist an weiteren Störungen hindern sollte (Richardson, 1981, S. 195).

Fleischfressende Moose

Die Fähigkeit, andere Organismen zu fressen, wird im Allgemeinen nur mit Blütenpflanzen in Verbindung gebracht. Es hat sich aber gezeigt, dass es zwei Lebermoos-Gattungen (*Colura* und *Pleurozia*) mit potentiell fleischfressenden Arten gibt. Beide Gattungen kommen in den Tropen vor

und besitzen einen Wassersack mit einer Klappe als Fallenmechanismus. Bei beiden Gattungen konnte experimentell gezeigt werden, dass sich in diesen Wassersäcken Organismen sammeln. Sobald die Organismen zerfallen sind, können Moose die nun gelösten Nährstoffe aufnehmen (Frahm, 2006, S. 122ff).

Moosbälle

Moosbälle hört sich etwas eigenartig an, aber es gibt sie wirklich. Derzeit sind vier Arten weltweit bekannt, die eine solche Erscheinung aufweisen. Die Art *Blindia „inundata“* lebt unter Wasser, wo sie Unterwasserwiesen bildet. Bei Sturm werden Moose aus der Wiese losgerissen, an das Ufer getragen, wo durch den Wellenschlag ovale Gebilde entstehen. Diese werden schließlich an Land gespült wo sie liegen bleiben. Die anderen drei Arten sind terrestrisch⁴³. Die Art *Rigodium implexum* kommt in Chile auf Waldböden vor. Ihre Form dürfte durch den Wind zustanden kommen. Es gibt auch heimische Moose die ihre Form aufgrund des Windes erhalten. Die zweite terrestrische Art kommt in tropischen Hochgebirgen auf Frostwechselböden vor. Durch das Auftauen am Tag und das Zufrieren in der Nacht werden die Moospolster häufig umgeworfen, wodurch nach einigen Wiederholungen eine Kugelform entsteht. Die letzte bekannte Art kommt in den Regenwäldern Chiles, Neuseelands, Südostasiens und Zentralafrikas vor. Hier findet man die kugeligen Moose in Baumkronen, wobei die Entstehung dieser Bälle derzeit noch nicht erforscht ist (Frahm, 2006, S. 195ff).

Leuchtmoos

Unter dem eigenartig klingenden Namen Leuchtmoos ist die Art *Schistostega pennata* bekannt. Sie kommt selten in Höhlungen in Buntsandstein, Granitgebirge oder Schiefergebirge vor. Ihre Sporen wachsen zu einem Vorkeim mit runden Zellen, wobei dessen Oberfläche eine konkave Linse bildet. Dieser gegenüber sitzen die Chlorophyllkörner, in denen das Licht gebündelt und teilweise reflektiert wird. Dadurch entsteht der Eindruck, dass dieses Moos grün leuchtet (Frahm, 2006, S. 202).

2.8. Verwendung

Moose wurden und werden in den unterschiedlichsten Bereichen vom Menschen genutzt. Vielen Leuten ist gar nicht bewusst, wo Moose überall zum Einsatz kommen. Im folgenden Abschnitt werden einige Verwendungen vorgestellt.

⁴³ Terrestrisch bedeutet, dass diese Organismen an Land am Boden vorkommen.

Archäologische Aufzeichnungen

Anhand von archäologischen Aufzeichnungen kann konstruiert werden, wofür Moose in der Vergangenheit von Menschen genutzt wurden. Häufig dürfte Moos nicht zum Einsatz gekommen sein. Es sind jedoch einige Moose mit einer unterschiedlichen Nutzung gefunden worden. Ein paar Beispiele: In der Bronze- und Eisenzeit hatte Moos einen wichtigen Nutzen, da es zur Abdichtungen in Booten verwendet wurde. Im alten Rom wurden die Böden mit dichten Moosteppichen ausgelegt. Ebenfalls im alten Rom wurde Moos genutzt, um Blutungen aus Schnitten zu stoppen oder als Zunder, um ein Feuer in Gang zu bekommen. In England wurde Moos verwendet um Gemüse und Obst zu lagern, so wie als Füllmaterial in Wänden. Des Weiteren ist durch Funde belegt, dass aus Moos Körbe geflochten wurden (Richardson, 1981, S. 181ff).

Traditioneller Bericht

Auch in den folgenden Jahrhunderten fanden Moose an den unterschiedlichsten Stellen Verwendung. Im Folgenden wieder einige Beispiele, wie vielseitig Moos in der menschlichen Vergangenheit genutzt wurde: Im Norden Europas wurde Moos noch lange Zeit zum Abdichten von Booten oder Wänden in Häusern verwendet. Beliebt war Moos auch als Füllung für Matratzen oder Polster in den unterschiedlichsten Kulturen (Richardson, 1981, S. 183ff). Die Eskimos legten ihre Toten eine Zeitlang auf Moos in Gräber (Frahm, 2006, S. 113). Von Indianern in Nordamerika ist bekannt, dass aus Moos ein Umschlag bei Verbrennungen hergestellt wurde und sie Moos bei Knochenbrüchen zur Polsterung verwendet haben. Zurzeit von Queen Viktoria von England wurde Moos als Dekoration von Hüten und Hauben von Damen verwendet (Richardson, 1981, S. 183ff). Im Mittelalter wurde Moos als Heilmittel, aber auch als Toilettenpapier verwendet. Aus dieser Zeit stammt auch der Ausdruck Lebermoos. In vielen Kulturen wurde Moos auch lange Zeit als Verpackungsmaterial verwendet. Schon der Steinzeitmensch Ötzi trug sein Steinmesser in Moos eingepackt mit sich (Frahm, 2006, S. 113f). Im ersten Weltkrieg war getrocknetes *Sphagnum* von großer Bedeutung. Es wurde nämlich als wichtigstes Verbandsmaterial genutzt. Seine Verwendung hat die Vorteile, dass es bis zu dem zwanzigfachen seines Trockengewichtes Flüssigkeit aufnehmen kann, es kühl und weich ist, für bis zu drei Tagen auf der Wunde bleiben konnte ohne gewechselt werden zu müssen und es eine leichte antibakterielle Wirkung aufweist. Nach dem ersten Weltkrieg ist dieser Nutzen jedoch in Vergessenheit geraten (Richardson, 1981, S. 191f).

Moderne

Auch in der heutigen Zeit wird Moos noch vielfach zu dekorativen Zwecken genutzt. Am stärksten ist dies in Japan ausgeprägt, wo es eigene Moosgärten gibt (Richardson, 1981, S. 187ff). Vielfach findet man Moos ebenfalls in Obstgärten, wo viele Herbizide zum Einsatz kommen. Durch die Verwendung

der Herbizide wachsen kaum andere Pflanzen, womit Moose sich ansiedeln. Das Wachsen von Moosen an diesen Stellen ist vom Menschen erwünscht, da Moose Bodenerosionen hemmen. Das Wachstum von Moosen in Wiesen und Rasen ist hingegen nicht gerne gesehen und es wird versucht, die Moose aus diesen Habitaten zu entfernen (Richardson, 1981, S. 189f). Torfmoose werden als Torf häufig im Gartenbau und bei der Herstellung von Leichtbausteinen verwendet (Frahm, 2006, S. 119ff).

Bioindikatoren

In den letzten Jahren wurde der Wert von Moos beim Monitoring von Luft- und Wasserverschmutzungen erkannt und seit dem kommen sie in diesem Bereich zum Einsatz (Richardson, 1981, S. 187) (Frahm, 2006, S.96). Moose reagieren in vorhersagbarer und messbarer Weise auf Umweltveränderungen und werden deshalb häufig als Bioindikatoren verwendet. Bioindikatoren werden entweder direkt oder indirekt genutzt. Bei direkten Bioindikatoren wird die Konzentration der Verschmutzung direkt an Moosteilen gemessen. Mit indirekten Bioindikatoren werden Variationen in Gesellschaftsmerkmalen festgestellt (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 224f). Die Form des indirekten Biomonitorings beruht auf der unterschiedlichen Sensibilität für Verschmutzung unterschiedlicher Arten. Dabei wird versucht, die Umweltqualität festzustellen (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 225).

Direktes Biomonitoring wird gerne mit Moosen durchgeführt, da sie eine hohe Kapazität besitzen um Verschmutzungen, wie etwa Schwermetalle, Radiotope oder chemische Verschmutzungen, anzuhäufen. Dies hat mehrere Gründe: Einerseits nehmen Moose Luftschadstoffe direkt aus ihrer Umwelt über ihre Oberfläche auf. Andererseits besitzen ihre Blätter meistens keine Cuticula und sind oft nur eine Zellreihe dick, wodurch sie eine große Absorptionsfläche bieten. Die Luftschadstoffe sammeln sich innerhalb der Zellen, wo sie den Stoffwechsel der Zellen beeinflussen (Zechmeister et al., 2008, S. 332). Die Analyse von Moosen macht es möglich, geographische Lagen von Verschmutzungen und die Stärke der Verschmutzung festzustellen. Dies stellt eine schnellere und billigere Variante dar. Eine weitere Form des direkten Biomonitorings ist es, Arten in situ in ein Areal einzubringen, in welchem sie normalerweise nicht vorkommen. Somit kann die Verschmutzung nachher an ihnen gemessen werden (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 227f).

Geobotanische Aufsuche

Eine weitere Verwendung finden Moose in der Bodenforschung. Allgemein betrachtet gibt es nur einige wenige Pflanzen, welche auf Böden mit angereicherten Metallen wachsen können. Durch die Spezialisierung von Pflanzen auf solche Böden kann die Verbreitung dieser Pflanzen dazu genutzt werden, neue Mineraldepositionen ausfindig zu machen. Zu diesen Pflanzen zählen auch einige

Moose, wobei auch alte Herbarbelege herangezogen werden (Richardson, 1981, S. 174f).

Moose in der Kunst

Es mag verwundern, aber auch in der Kunst sind die Moose vertreten. Hier kommen sie zwar nicht häufig, aber doch ab und zu vor. So wurden Moose im achtzehnten und in der ersten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts in der Bildenden Kunst von einigen wenigen Künstlern dargestellt. Zwei werden im Folgenden kurz betrachtet. Als erstes ist der Apotheker Adalbert Geheeb erwähnenswert, da er Bilder von Mooslandschaften aus getrocknetem Moos zusammengestellt hat. Von seinen Werken sind nur wenige erhalten geblieben. Der Engländer Len Ellis dagegen hat surrealistische Ölbilder mit Mooslandschaften gezeichnet, wobei auf seinen Gemälden die Erde mit riesengroßen Moospflanzen überwuchert ist (Frahm, 2006, S. 206f). Ebenfalls Einzug gefunden haben die Moose in der Dichtung, wobei sie hier nur sehr selten erwähnt werden (Frahm, 2006, S. 209ff).

2.9. Arten- und Lebensraumschutz

Wie mittlerweile vielen Pflanzen- und Tierarten sind auch in der Gruppe der Moose stark gefährdet. Aufgrund der Änderungen der Umweltbedingungen und des Eingreifens von Seiten des Menschen ist die Erhaltung der Diversität von Moosen ein zentraler Punkt. Lange Zeit wurden die Kryptogame⁴⁴ allgemein allerdings bei Schutzmaßnahmen außen vor gelassen. Erst seit kurzer Zeit wird auch diese Gruppe, besonders auch Moose, in Schutzmaßnahmen miteinbezogen (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 232). Moose sind aus mehreren Gründen in den Fokus des Naturschutzes gerückt: Sie spielen eine wichtige ökologische Rolle, wie etwa bei der Wasserbalance, der Erosionskontrolle, dem Stickstoffgehalt oder bei der zur Verfügung Stellung von Lebensräumen für andere Organismen. In manchen Habitaten erreichen Moose eine höhere Diversität als Gefäßpflanzen und die Diversität von Moosen dürfte einem anderen Mustern als bei besser studierten Taxa folgen, wodurch es entscheidend ist, explizit Schutzmaßnahmen für Moos durchzuführen (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 232f).

Gefahren

Die Gefahren für Moose sind sowohl direkt als auch indirekt. Moose werden aufgrund ihrer Wasserspeicherfähigkeit aus ihren Lebensräumen, meistens aus Mooren, entnommen, um andere Pflanzen zu transportieren. Immer häufiger werden auch Epiphyten aus der Natur entnommen. Teilweise werden diese Arten lokal jedoch nicht global geschützt, was zu großen Schäden führen

⁴⁴ Unter dem Begriff Kryptogamen werden allgemein blütenlose Pflanzen zusammengefasst. Zu diesen zählen Pilze, Algen, Moose und Flechten (Spektrum der Wissenschaft, 2001, Kryptogamen).

kann (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 237f). Indirekte Gefahren resultieren aus der Zerstörung oder Degeneration der Habitate, in welchen Moose vorkommen. Die Gründe dafür sind vielfältig und gehen von der globalen Erwärmung bis hin zur Abholzung der Wälder durch den Menschen. Durch all diese Prozesse kommt es zu einer Zersplitterung der Arten, was zu einem Diversitätsverlust führen kann (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 238ff).

Schutzmaßnahmen

Moosarten werden im Naturschutz meisten nicht selbst geschützt, sondern indirekt. Dies geschieht, indem Lebensräume, in welchen auch Moose vorkommen, unter Schutz gestellt werden. Durch diesen Schutz des Lebensraumes werden die Moose mitgeschützt. Wie erfolgreich dieser Mitschutz für die Diversität der Moose ist, lässt sich allerdings nicht sagen (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 244). In Einzelfällen rücken jedoch auch einzelne Moosarten in den Fokus des Naturschutzes. Die genauen Moosarten sind in den FFH Richtlinien im Anhang II aufgelistet. Dies sind meist Arten mit einer niedrigen Ausbreitungsrate. In diesen Fällen wird versucht, diese Art wieder neu einzuführen. Die Wiedereinführung kann entweder in einem neuen Lebensraum oder aber in einem alten, derzeit verlassenen Lebensraum geschehen. Die Wiedereinführung wird entweder mit noch existierenden Arten durchgeführt, oder wenn diese bereits ausgestorben sind mit konservierten Einzelproben. Diese Form der Wiedereinführung ist in der Wissenschaft jedoch sehr umstritten (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 246f). Eine weitere Form des Naturschutzes ist die Restauration eines Lebensraumes. Diese ist notwendig, wenn ein Lebensraum derart zerstört ist, dass er sich nicht mehr von alleine erholt. Durch die Restauration wird der Lebensraum unterstützt, dass er sich wieder zu seinem ursprünglichen Zustand zurückentwickeln kann. Dieser Prozess nimmt viel Zeit in Anspruch. Lebensräume von Moosen, wo Restaurationen gemacht werden sind die Moore, da sie durch die große Entnahme von *Sphagnum* stark geschädigt sind (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 248ff).

3. Methodik

3.1. Didaktische Rekonstruktion

Bezüglich des theoretischen Hintergrundes und die Forschungsmethode betreffend wird in der folgenden Arbeit nach der Didaktische Rekonstruktion von Ulrich Kattmann gearbeitet. Die Didaktische Rekonstruktion ist eine Methode der fachdidaktischen Forschung. Dies ist eine Methodentheorie, welche sich aus mehreren Teil-Theorien, vor allem der konstruktivistischen Theorie vom Lernen und Lehren, der Theorie des erfahrungsbasierten Verstehens und der modifizierten Theorie zu Vorstellungsbildung und –Änderung, zusammensetzt (Krüger & Vogt, 2007, S. 97). Mithilfe dieses Modelles kann fachdidaktische Forschung direkt im Unterricht in der Schule umgesetzt werden (Gropengießer, Harms & Kattmann, 2013, S. 18).

Die Theorie der Didaktischen Rekonstruktion setzt sich aus drei Teilbereichen zusammen. Das Ziel dabei ist, den wissenschaftlichen Bereich und die Alltagswelt der Schülerinnen und Schüler in Einklang zu bringen. Die Basis bilden einerseits das Klären der wissenschaftlichen Inhalte zu dem zu untersuchenden Thema und andererseits die Erhebung der Schülerinnen- und Schülervorstellungen zu dieser Thematik. Ausgehend von diesen Daten erfolgt die didaktische Strukturierung des Unterrichts. Der Zusammenhang zwischen diesen drei Teilbereichen wird im „fachdidaktischen Triplet“ verdeutlicht (Gropengießer, Harms & Kattmann, 2013, S. 16f). Durch dieses Triplet werden die drei Teilbereiche aufeinander abgestimmt und es wird versucht, die pädagogischen Aspekte und die Vermittlung von Wissensbeständen in ein Gleichgewicht zu bringen (Krüger & Vogt, 2007, S. 93f).

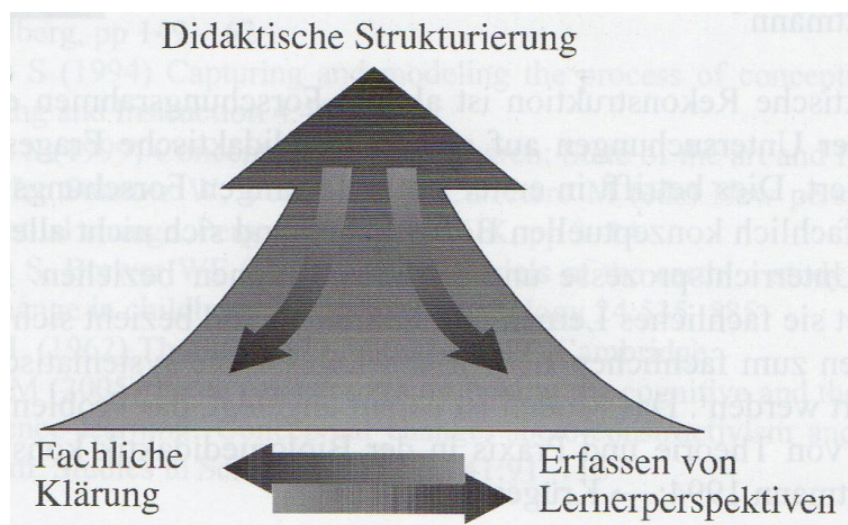


Abbildung 2: Fachdidaktisches Triplet, Kattmann et al. 1997 (Krüger & Vogt, 2007, S. 94)

Im Zuge der fachlichen Klärung werden fachwissenschaftliche Aussagen, Theorien, Methoden und Termini kritisch und methodisch aus fachdidaktischer Sicht im Hinblick auf die Vermittlung für den Unterricht untersucht. Dabei werden die wissenschaftlichen Aussagen als Konstrukte der jeweiligen Wissenschaftsgemeinschaft aufgefasst (Krüger & Vogt, 2007, S. 94f). Im empirischen Teil der Forschungsarbeit, dem Erfassen von Lernerperspektiven, werden die Vorstellungen der Lernenden untersucht. Diese Vorstellungen sind persönliche Konstrukte der Lernenden. Von diesen wird beim Lernen ausgegangen und sie dienen ebenfalls als Hilfsmittel des Lernens (Krüger & Vogt, 2007, S. 95f). Im Zuge der didaktischen Strukturierung werden nun sowohl die fachliche Klärung als auch die Erfassung der Lernerperspektiven mit einbezogen. In diesem Schritt erfolgt der Planungsprozess des Unterrichts, in welchem das Design von Lernangeboten und die Gestaltung der Lernumgebung festgelegt werden (Krüger & Vogt, 2007, S. 96f).

In Abbildung 3 sind die wichtigsten Fragestellungen der drei Teilbereiche des fachdidaktischen Tripletts kurz dargestellt.

Forschungsaufgabe	Fragestellung
Fachliche Klärung	Welche Genese, Funktion und Bedeutung haben die für ein Thema bedeutsamen biologischen Begriffe, und in welchem theoretischen Kontext stehen sie?
Erfassen der Lernpotenziale	Welche Vorstellungen verbinden die Lernenden mit dem Thema? Welche Lernvoraussetzungen, Lernfähigkeiten und Einstellungen bringen die Lernenden für das Thema mit?
Didaktische Strukturierungen	Welche Lernwege sind aussichtsreich, um von den Lernpotenzialen zu den fachlich geklärten Begriffen zu gelangen? Welche Möglichkeiten für das Lernen und Lehren des Themas eröffnen sich?

Tabelle 1: Die drei Teilaufgaben der Didaktischen Rekonstruktion (Gropengießer, Harms & Kattmann, 2013, S. 16f)

3.2. Leitfadengestütztes Interview

Für die Untersuchung der Forschungsfrage wurde ein qualitatives Vorgehen ausgewählt. Um die Fragestellung genau festzulegen wurde entschieden, leitfadengestützte Interviews durchzuführen. Zusätzlich zu Expertinnen- und Experteninterviews wurden ebenfalls leitfadengestützte Interviews mit Schülerinnen und Schülern durchgeführt. Im Allgemeinen sind qualitative Interviews in der Sozialforschung teilstandardisiert oder offen, wobei es eine Vielzahl an unterschiedlichen Interviewformen gibt. Dabei ist die Gestaltung der Fragen von fertig ausformulierten bis hin zu sehr offenen Fragen je nach Interviewform sehr mannigfaltig (Flick, 2013, S. 349ff).

Das leitfadengestützte Interview ermöglicht es, alltägliches und wissenschaftliches Wissen der Befragten in einer möglichst offenen Form zu rekonstruieren. Gleichzeitig mit der Offenheit ist der Erhebungsprozess des zu untersuchenden Themas durch den Leitfaden strukturiert (Krüger, Parchmann & Schecker, 2014, S. 122). Bei dieser Art des Interviews gibt es mehrere Varianten, welche in der nachfolgenden Abbildung (Abbildung 4) kurz beschrieben sind (Krüger, Parchmann & Schecker, 2014, S. 124f).

Interviewtyp	Beschreibung	Erhebung von ... (z. B.)
Experteninterview (Bogner et al. 2005)	Größeres Interesse am Experten als am Menschen; meist Einzelinterviews	Wissenschaftlervorstellungen
Narratives Interview (Schütze 1977)	Offenes Erzählen von autobiographischen Schlüsselerlebnissen; meist Einzelinterviews; Gliederung in Erzähl-, Rückgriffs- und Bilanzierungsphase	Subjektive Theorien
Dilemma-Interview (Colby und Kohlberg 1987)	Erfassung von Urteilen und Bewertungen; in der Regel stark strukturierte Reihenfolge von Fragen; Einzel- oder Gruppeninterviews	Bewertungen, Urteile
Problemzentriertes Interview (Witzel 1989)	Gegenstandsbezogen auf ein (naturwissenschaftliches) Phänomen; Fokus auf Erfahrungen, Wahrnehmungen, Vorstellungen und Reflexionen des Befragten zu einem Problem oder Gegenstandsbereich	Alltagsvorstellungen, wissenschaftsorientierte Vorstellungen
Fokussiertes Interview (Merton 1946)	Reflexion einer erlebten Situation (z. B. ein Naturobjekt erkunden, einen Artikel lesen, einen Film schauen, auf Exkursion gehen); häufig Gruppeninterviews	Emotionen, Interessen, Vorstellungen

Abbildung 3: Varianten von Leitfadeninterviews (in Anlehnung an Flick 2007) (Niebert & Gropengießer, 2014, S. 125)

Bei der Erstellung des Leitfadens ist es wichtig, die Validität der Datenerhebung zu gewährleisten. Mayring (2010) hat hierfür die folgenden vier Gütekriterien verfasst: die Verfahrensdokumentation,

die Datendokumentation, die Mitwirkung der Probanden und die interne Triangulation (Krüger, Parchmann & Schecker, 2014, S. 123f). Diese sollen bei der Erstellung des Leitfadens berücksichtigt werden. Die Erstellung des Leitfadens erfolgt in Schritten, wobei von der Fragestellung ausgegangen wird. Im Zuge des Erstellens werden nach und nach Kategorien gebildet, in welchen die Fragen eingeordnet werden. Der fertige Leitfaden dient der Orientierung während des geführten Interviews. Dieser soll leiten und den Rahmen vorgeben, jedoch nicht strikt abgearbeitet werden. Interventionen und Flexibilität von Seiten des Interviewers sind erforderlich (Krüger, Parchmann & Schecker, 2014, S. 126ff).

Bei der Durchführung der Interviews sind einige Dinge zu beachten. Dazu gehören der Ort der Durchführung, die Festlegung der Rahmenbedingungen, die Erschaffung einer entspannten Gesprächsatmosphäre, die flexible Verwendung des Interviewleitfadens und die Dokumentation (Krüger, Parchmann & Schecker, 2014, S. 131f).

Nach der Durchführung werden die Interviews ausgewertet. Dabei werden die einzelnen Interviews vom Interviewer interpretiert, wobei es hier um ein Fremdverstehen des Themenbereiches geht (Krüger, Parchmann & Schecker, 2014, S. 123).

3.3. Qualitative Inhaltsanalyse

Die qualitative Inhaltsanalyse ist eine Methode, die von Philipp Mayring beschrieben wurde. Sie dient der systematischen Interpretation von Forschungsmaterial. Die qualitative Inhaltsanalyse zeichnet sich durch einige Besonderheiten aus, von denen die wichtigsten nun genannt werden:

Das zu untersuchende Material wird im Kommunikationszusammenhang verstanden und wird somit immer in Verbindung mit seinem Kontext interpretiert (Mayring, 2010, S. 48). Die Inhaltsanalyse erfolgt immer in direkter Anbindung an den Gegenstand der Analyse (Mayring, 2010, S. 50). Die Analyse des Textes erfolgt systematisch, nach festgelegten Regeln. Für die jeweilige Analyse wird im Vorfeld ein konkretes Ablaufmodell festgelegt. In diesem sind einzelne Analyseschritte definiert, nach denen die anschließende Analyse erfolgt (Mayring, 2010, S. 48f). Im Vorfeld der Analyse werden Kategorien festgelegt, die eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse ermöglichen (Mayring, 2010, S. 49f). Die Festlegung der Kategorien, aber auch andere Entscheidungen bei der Analyse, werden theoriegeleitet getroffen (Mayring, 2010, S. 50f). Die erhaltenen Ergebnisse werden nach festgelegten Gütekriterien eingeschätzt (Mayring, 2010, S. 51f).

Qualitative Inhaltsanalysen werden nach einem im Vorhinein festgelegten Ablaufmodell durchgeführt. Bei der Interpretation des Materials wird unterschieden zwischen der Technik, der

Zusammenfassung, Explikation und Strukturierung. Die Auswahl der Technik ist abhängig von der Fragestellung der Forschungsarbeit (Mayring, 2010, S. 64ff). Aus diesen drei Grundformen lassen sich sieben verschiedene Analyseformen ableiten (Mayring, 2010, S. 65f).

Bei der Analyse der Interviews wurde die Methode der inhaltlichen Strukturierung angewendet. Mayring beschreibt die inhaltliche Strukturierung wie folgt:

„Ziel inhaltlicher Strukturierung ist es, bestimmte Themen, Inhalte, Aspekte aus dem Material herauszufiltern und zusammenzufassen. Welche Inhalte aus dem Material extrahiert werden sollen, wird durch theoriegeleitet entwickelte Kategorien und (sofern notwendig) Unterkategorien bezeichnet.“ (Mayring, 2010, S. 98).

Die inhaltliche Strukturierung erfolgt nach einem festgelegten Ablaufmodell. Hierbei wird das Material zunächst mittels des festgelegten Kategoriensystems bearbeitet. Im Anschluss daran wird das zugeordnete Material pro Kategorie zusammengefasst und im Weiteren kann mit diesem gearbeitet werden (Mayring, 2010, S. 98). In Abbildung 5 ist das allgemeine Ablaufmodell der Inhaltsanalyse dargestellt.

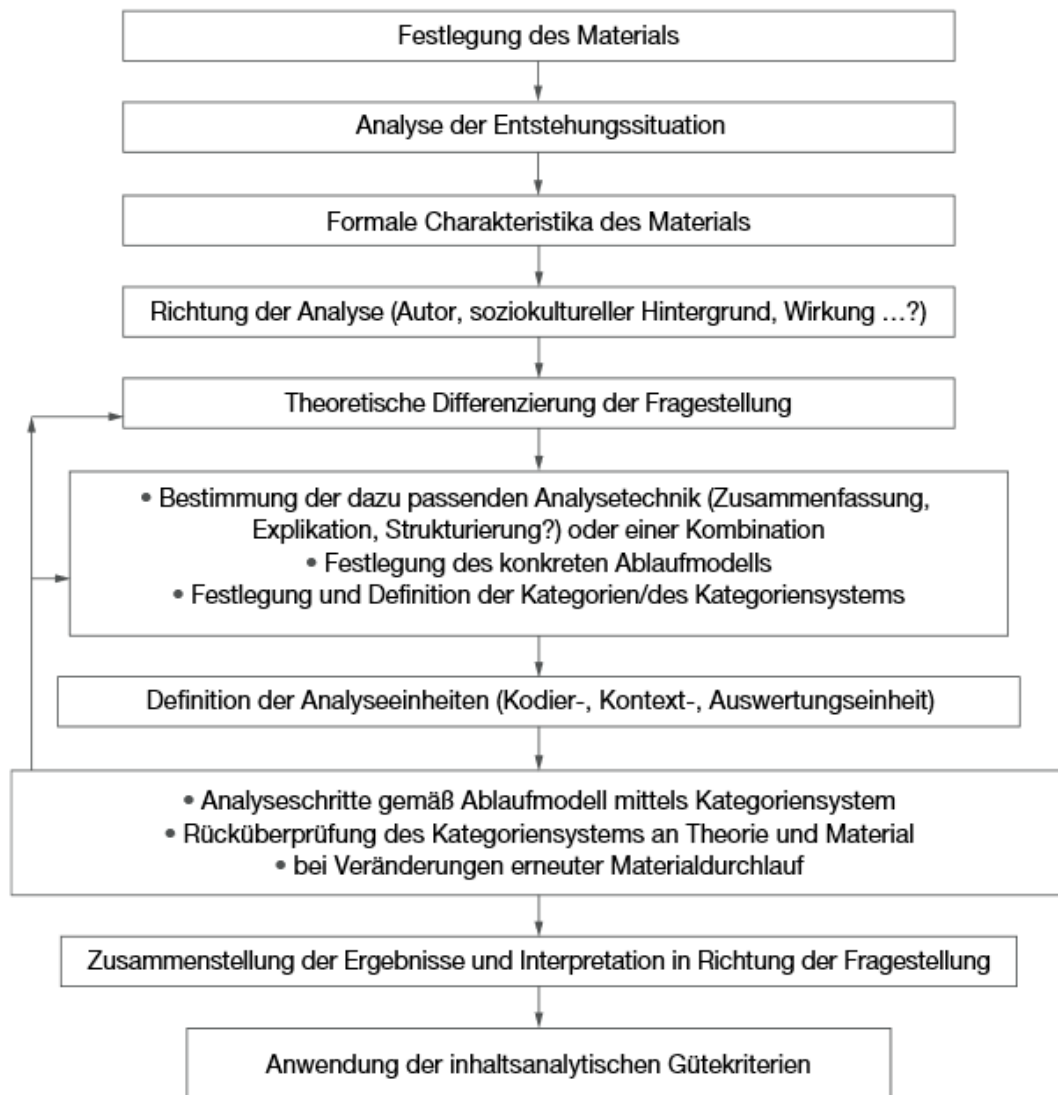


Abbildung 4: Allgemeines inhaltsanalytisches Modell (Mayring, 2010, S. 60)

3.4. Schulbuchanalyse

Für die Analyse der Schulbücher der zweiten Klasse AHS (sechste Schulstufe) wurde die Diplomarbeit von Mag. Windisch aus dem Jahr 2016 als Grundlage genommen. Mag. Windisch hat in seiner Diplomarbeit drei Schulbücher der ersten Klasse AHS (fünfte Schulstufe) nach einer, von ihm entwickelte Methode, in Bezug auf das Thema Pflanzen Diversitäten analysiert. Für die Schulbuchanalyse das Thema Moose betreffend wird seine entwickelte Methode als Vorlage genommen. Im Folgenden wird die Methode kurz beschrieben.

Bei der Auswahl der Schulbücher wurden aus den für österreichische Schulen zugelassenen Büchern drei Werke gewählt, mit dem ältesten Erscheinungsjahr 2012 oder jünger. Aus den verbleibenden Werken wurde drei zufällig aus der Fachbereichsbibliothek Biologie in Wien ausgewählt (Windisch, 2015, S. 30). Die entwickelte Methode beruht auf der Strukturierenden Inhaltsanalyse von Mayring, The Criteria for Evaluating the Quality of the Science Textbooks von Devetak & Vogrinc und der Kontextanalyse von Markom & Weinhäupt (Windisch, 2016, S. 31).

Ausgehend von diesen drei Theorien entstand ein Analyseschema mit vier Analyseschritten. Im ersten Schritt, Analyse der Eckdaten, werden die Eckdaten (Titel, Autorinnen und Autoren, Aktualität und Zielgruppe, formale Kriterien und das Cover) gesammelt (Windisch, 2016, S. 36). Im zweiten Schritt, Analyse des Inhalts, wird der Inhalt der Schulbücher mit Hilfe der strukturierenden Inhaltsanalyse bezüglich Themen relevanten, formalen Aspekten analysiert (Windisch, 2016, S. 37f). Im darauf folgenden Schritt, der Analyse des Bezugs zum Lehrplan, werden die Inhalte des Schulbuches in Bezug auf den Lehrplan analysiert, wobei einzelne Punkte, das Thema der Analyse betreffend, aus dem Lehrplan übernommen werden (Windisch, 2016, S. 39ff). Im letzten Schritt des Schemas, Analyse der (fach-)didaktischen Vermittlung, wird die fachdidaktische Vermittlung des zu untersuchenden Themas in dem jeweiligen Schulbuch analysiert. Für diesen Schritt werden die notwendigen Kriterien im Vorfeld festgelegt (Windisch, 2016, S. 41ff).

4. Durchführung

4.1. Expertinnen- und Experteninterviews

Interviewleitfaden Expertinnen- und Experteninterviews

Nach längerem Überlegen wurde beschlossen, den beiden Expertinnen und dem Experten dieselben Fragen zu stellen. Diese Arbeit befasst sich mit Moosen im Schulunterricht und es sind alle drei zu befragenden Personen als Expertinnen und Experten zu sehen. Darüber hinaus gehendes Interesse soll auch im Rahmen des Interviews abgeklärt werden. Im Anschluss an die Interviews werden die Aussagen ausgewertet und analysiert. Da nun den beiden Expertinnen und dem Experten dieselben Fragen gestellt werden, können die einzelnen Aussagen einander gegenüber gestellt und verglichen werden. Anhand dieser Kriterien wurden die nachfolgenden Fragenfelder und Interviewleitfaden erstellt. Zunächst werden jedoch die Zielsetzungen der einzelnen Interviews betrachtet.

Die beiden Expertinnen und der Experte wurden aufgrund ihrer Lehrtätigkeit an Schulen (AHS oder BHS) im Großraum Wien ausgewählt. Herr Dr. Zechmeister ist darüber hinaus der führende Moosexperte an der Universität in Wien und hat somit einen weiteren Bezug zu der Thematik. Näher wird auf die Auswahlkriterien im Abschnitt 5.1. eingegangen.

Zielsetzung bei dem Interview mit Dr. Zechmeister:

Herr Dr. Zechmeister ist an der Universität Wien der führende Moosexperte. Gleichzeitig unterrichtet er auch an einer Allgemeinbildenden Höheren Schule. Er ist einerseits als Lehrer tätig, vermittelt andererseits Fachwissen auf Hochschulniveau an der Universität. Bei dem mit ihm zu führenden Interview geht es einerseits darum, wie bei den anderen beiden Expertinneninterviews, sein Wissen und seine Sicht als Lehrer zu erfahren. Die dafür gesetzten Ziele sind teilweise äquivalent zu den anderen beiden Interviews und werden unten noch einmal angeführt. Andererseits möchte ich bei bestimmten Themengebieten zusätzlich sein Wissen und seine Einschätzung als Universitätsprofessor in Bezug zu dem Themengebiet erfahren und ob sich eventuell andere Sichtweisen und Möglichkeiten dadurch ergeben.

Das Ziel des Interviews ist es herauszufinden, wie das Thema Moose in der Schule von ihm als Experte, als Lehrstoff in der Schule vermittelt wird. Werden zur Unterstützung Medien eingesetzt und wenn ja welche? Dies ist von Interesse, um bei der späteren Planung der Einheit darauf Bezug zu

nehmen. Welche Inputs wecken nach seiner Einschätzung Interesse bei Schülerinnen und Schülern und wo gibt es Vermittlungs- und Verständnisprobleme?

Mit der Frage, für welche Jahrgangsstufe, den Expertinnen und Experten nach, der größte Bedarf bzw. die größten Erfolgchancen bei der Vermittlung bestehen, sollte für diese Altersstufe als Ziel eine Einheit geplant werden.

Mit den sechs gewählten Fragefeldern werden unterschiedliche Bereiche abgedeckt. Von Bedeutung sind hier das eigene Interesse an Moosen und weitere mögliche Wissensinhalte auf diesem Gebiet. Weiter wird untersucht, mit welchen Medien das Thema Moose im Unterricht vermittelt wird. Wodurch kann seiner Ansicht nach das Interesse der Schülerinnen und Schüler geweckt werden? Interessant ist ebenfalls die Einschätzung aus Expertensicht, ob Schülerinnen und Schüler aus dem Unterricht inhaltliches Wissen über Moose mitnehmen.

Mit den Fragen zu den Highlights soll herausgefunden werden, ob diese, aus seiner Sicht, ein guter Indikator wären, um zusätzlich Interesse auf Seiten der Schülerinnen und Schüler zu wecken.

Im letzten Fragefeld wird Herr Dr. Zechmeister hinsichtlich seines Unterrichts an der AHS befragt und ob eine neu entwickelte Unterrichtseinheit zum Thema Moose bei Ihm Verwendung finden würde.

Zielsetzung bei dem Interview mit Frau Mag. Amon und Frau Mag. Wenzl:

Das Ziel der durchzuführenden Expertinneninterviews ist dasselbe wie bei Herrn Dr. Zechmeister. Auch hier geht es darum, das Eigeninteresse der Befragten, ihre Ansicht zum Wissensstand der Schülerinnen und Schüler, Medieneinsatz der Expertinnen, sowie die Durchführung des Themas Moose in der Schule zu erfassen. Die detailliertere Betrachtung der Zielsetzung ist unter dem Punkt Zielsetzung bei dem Interview mit Dr. Zechmeister nachzulesen.

Fragefelder

Eigenes Wissen und Interesse:

- Was fasziniert Sie am meisten an Moosen und warum?
- Wie schätzen Sie Ihr Wissen über Moose ein und wie halten Sie sich über das Thema auf dem neusten Stand?
- Was sind aus Ihrer Sicht bedeutende Erkenntnisse in der Moosforschung der letzten Jahre?

Weitere mögliche Themenbereiche für den Unterricht:

- Ist das Vermitteln von allgemeinem Wissen bezüglich Moose in der Schule ausreichend oder sollten auch z.B. die ökologische Bedeutung vermittelt werden?
- Wie gefährdet sind ihrer Meinung nach Moose und sollte man dies Schülerinnen und Schülern bewusst machen?

Medieneinsatz:

- Verwenden Sie Medien bei dem Thema Moose und wenn ja welche?
- Erklären Sie in der Schule den Generationswechsel; und falls ja, in welchem Zusammenhang und wie?
- Benutzen Sie Videos oder Grafiken, wenn ja welche?
- Wie ist das Thema Moose Ihrer Erfahrung/ Einschätzung nach in dem von ihnen verwendeten Schulbuch verarbeitet? Gut/Ausreichend/Schlecht? Gibt es Verbesserungsbedarf, wenn ja welchen?

Schülerinnen und Schüler:

- Wie würden sie das Vorwissen beziehungsweise Interesse bei Schülerinnen und Schülern zu diesem Thema einschätzen?
- In welchem Alter kann man Ihrer Meinung nach am ehesten Interesse wecken?

Interessen:

- Was könnte Schülerinnen und Schüler an diesem Thema besonders interessieren?
- Gibt es Ihrer Meinung nach „Highlights“, mit denen man das Interesse an Moosen wecken könnte?
- Würden Moose spannender werden, wenn Schülerinnen und Schüler mit diesen in Berührung kommen?

Eigener Unterricht:

- Wie erfolgt die Thematisierung des Themas Moose in Ihrem Unterricht?
- Woran erkennen Sie, dass die Schülerinnen und Schüler das Thema verstehen? (Test)

- Würden Sie eine erstellte Einheit in Ihrem eigenen Unterricht einsetzen? Unter welchen Voraussetzungen und wie?

Interviewleitfaden

Einleitung mit kurzer Einführung in die Thematik meiner Diplomarbeit.

- Darf ich das geführte Interview namentlich in meiner Diplomarbeit wiedergeben?
- Fasziniert Sie etwas an Moosen und wenn ja was?
- Wie halten Sie sich über das Thema auf dem neusten Stand?
- Was sind Ihrer Meinung nach die bedeutendsten Erkenntnisse in der Moosforschung der letzten Jahre?
- Ist das Vermitteln von allgemeinem Wissen bezüglich Moose in der Schule ausreichend oder sollten auch Artenkenntnisse gelehrt werden?
- Wie gefährdet sind ihrer Meinung nach Moose und sollte man dies Schülerinnen und Schülern bewusst machen?
- Wie würden sie das Vorwissen beziehungsweise Interesse bei Schülerinnen und Schülern zu diesem Thema einschätzen?
- In welchem Alter kann man Ihrer Meinung nach am ehesten Interesse wecken?
- Was könnte Schülerinnen und Schüler an diesem Thema besonders interessieren?
- Gibt es Ihrer Meinung nach „Highlights“, mit denen man das Interesse an Moosen wecken könnte?
- Würden Moose spannender werden, wenn Schülerinnen und Schüler mit diesen in direktem Kontakt kommen würden?
- Wie erfolgt die Thematisierung des Themas Moose in Ihrem Unterricht?
- Woran erkennen Sie, dass die Schülerinnen und Schüler das Thema verstehen? (Test)
- Verwenden Sie Medien bei dem Thema Moose und wenn ja welche?
- Erklären Sie in der Schule den Generationswechsel, und falls ja, in welchem Zusammenhang und wie?

- Benutzen Sie Videos oder Grafiken und wenn ja welche?
- Wie ist das Thema Moose Ihrer Ansicht nach in dem von Ihnen verwendeten Schulbuch verarbeitet? Gut/Ausreichend/Schlecht? Gibt es Verbesserungsbedarf, wenn ja welchen?
- Würden Sie eine erstellte Einheit in Ihrem eigenen Unterricht einsetzen? Unter welchen Voraussetzungen und wie?
- Haben Sie noch abschließende Bemerkungen zum Thema?

4.2. Schülerinnen- und Schüler-Interviews

Interviewleitfaden Schülerinnen- und Schülerinterviews

Zielsetzung

Das Ziel der Schülerinnen- und Schülerinterviews ist es einerseits das Vorwissen und andererseits das Interesse von Schülerinnen und Schülern zum Thema Moose zu ermitteln. Das Interview ist in zwei Abschnitte gegliedert. Dies ergibt sich durch die beiden Fragenfelder. Im ersten Teil soll das vorhandene Vorwissen ermittelt werden. Je nach Wissensstand der einzelnen Schülerinnen und Schüler wird in diesem Teil genauer nachgefragt. Im ersten Fragenfeld wird versucht herauszufinden, welche Vorstellungen Schülerinnen und Schüler über Moose allgemein haben, wie sie sich deren Fortpflanzung vorstellen und wo diese Organismen vorkommen.

Im zweiten Teil des Interviews wird versucht, mögliche interessante Themengebiete auf Seiten der Interviewten herauszufinden. Die Auswahl der Themenbereiche wurde aufgrund der geführten Expertinnen- und Experteninterviews (4.1.) getroffen. Mit Hilfe dieser Fragen wird erhoben, ob die angesprochenen Themen das Interesse der interviewten Personen wecken oder nicht und ob die Schülerinnen und Schüler sich mit diesem Thema im Zuge des Unterrichtes befasst haben.

Stichprobenauswahl

Ausgehend von den zuerst geführten Expertinnen- und Experteninterviews (4.1.) wurde als Zielgruppe für die Unterrichtseinheit die zweite Klasse AHS festgelegt, welche der sechsten Schulstufe entspricht. Befragt wurden insgesamt drei Schülerinnen und drei Schüler aus dem Großraum Wien, welche eine AHS Unterstufe in der dritten Klasse besuchen. Die Befragten wurden vorab von der Biologielehrerin oder dem Biologielehrer der Klasse bestimmt. Die Auswahlkriterien dabei waren, dass es drei weibliche Schülerinnen und drei männliche Schüler sein sollen. Von diesen sollte jeweils Eine und Einer gut, Eine und Einer durchschnittlich und Eine und Einer schwach in den

Leistungen im Fach Biologie und Umweltkunde der sechsten Schulstufe sein. Über das Auswahlkriterium der Noten wurden die Befragten nicht informiert. Des Weiteren sollten die befragten Schülerinnen und Schüler das Thema Moose im Vorjahr im Zuge des Unterrichtes durchgenommen haben.

Fragenfelder

Vorwissen

- Weißt du was ein Moos ist?
- Bitte beschreibe, wie diese Pflanze aussieht und mache eine beschriftete Skizze.
- Weißt du, wo Moose vorkommen?
- Weißt du, wie sich Moose vermehren?

Interesse

- Sind deiner Meinung nach Moose wichtig für die Umwelt und wenn ja warum?
- Weißt du, wo Moose heute zu Tage verwendet werden oder in der Vergangenheit verwendet wurden?
- Habt ihr im Unterricht echtes Moos gesehen und ein Experiment zu Moose gemacht? Wenn ja, bitte beschreibe dieses.

Interviewleitfaden

Zu Beginn des Interviews erfolgt eine kurze persönliche Vorstellung und eine kurze Zusammenfassung um was es in der Diplomarbeit geht.

- Weißt du was ein Moos ist?
- Bitte beschreibe, wie diese Pflanze aussieht und mache eine beschriftete Skizze.
- Weißt du, wo Moose vorkommen?
- Weißt du, wie sich Moose vermehren?
- Sind deiner Meinung nach Moose wichtig für die Umwelt und wenn ja warum?
- Weißt du, wo Moose heute zu Tage verwendet werden oder in der Vergangenheit verwendet wurden?
- Habt ihr im Unterricht echtes Moos gesehen und ein Experiment zu Moose gemacht? Wenn ja, bitte beschreibe dieses.
- Hast du noch Bemerkungen zum Thema oder Fragen?

4.3. Schulbücheranalyse

Die Schulbuchanalyse wird im nächsten Kapitel behandelt.

5. Auswertung

5.1. Expertinnen- und Experteninterviews

Die Auswertung der durchgeführten Expertinnen- und Experteninterviews erfolgt mit Hilfe der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring. Nach der Durchführung der drei Interviews wurden diese im ersten Schritt transkribiert. Im nächsten Schritt, der Auswertung der Transkripte, wurde die inhaltliche Strukturierung angewendet.

Festlegung des Materials (Mayring, 2010, S. 52f)

Für die Inhaltsanalyse werden alle drei Interviews in ihrer Gesamtlänge analysiert. Die Auswahl der Stichprobe erfolgt zusammen mit Herrn Ao. Univ.-Prof. Dr. Michael Kiehn. Die drei ausgewählten Personen wurden im Hinblick auf die Fragestellung ausgewählt. Eine nähere Begründung dieser Auswahl erfolgt im nächsten Schritt.

Analyse der Entstehungssituation (Mayring, 2010, S. 53)

Die drei geführten Interviews wurden im Juni 2016 selbstständig durchgeführt. Nach der Erstellung des Interviewleitfadens wurden Frau Mag. Amon und Frau Mag. Wenzl an der jeweiligen Schule in einem ruhigen Raum und Herr Dr. Zechmeister in seinem Büro am Department of Botany and Biodiversity Research der Universität Wien am Rennweg interviewt. Die Dokumentation der Interviews erfolgte mit Hilfe eines Diktiergerätes.

Die Auswahl der beiden Expertinnen und des Experten sind unter folgenden Gesichtspunkten erfolgt: Alle drei befragten Personen unterrichten aktiv an einer AHS oder BHS im Großraum Wien. Durch ihre aktive Lehrerinnen- und Lehrertätigkeit sind sie im ständigen Kontakt mit Schülerinnen und Schülern und dem Schulstoff. Somit haben diese Expertinnen und der Experte Erfahrungen mit dem im Lehrplan aufgelisteten Thema Moose in der Schule. Einerseits unterrichten sie das besagte Thema und andererseits können sie den Wissenstand und das Interesse der Schülerinnen und Schüler einschätzen.

Ein weiteres Auswahlkriterium war, dass Herr Dr. Zechmeister der führende Moosexperte an der Universität Wien ist. Herr Dr. Zechmeister betreibt einerseits Forschungen zu Moosen, unterrichtet auf der anderen Seite auch Studentinnen und Studenten an der Universität Wien und hat somit einen weiteren Zugang aus der Lehrerrolle zu diesem Thema. Frau Mag. Amon und Frau Mag. Wenzl sind, neben ihren Lehrtätigkeiten an zwei allgemein bildenden Schulen in Wien, am Austrian Educational Competence Center (AECC) der Universität Wien. Dieses ist das österreichische Kompetenzzentrum

für die Didaktik der Biologie, Physik und Chemie (aeccbio, 2016, aeccbio). Beide Lehrerinnen sind wissenschaftliche Mitarbeiterinnen an diesem Institut. Frau Mag. Wenzl ist die Leiterin des LehrerInnen-Podiums am AECC - Biologie. Ihre Arbeitsschwerpunkte am AECC ist die fachliche Aus- und Weiterbildung von Studierenden und LehrerInnen. Von ihr werden im Zuge des Pädagogischen Praktikums und der Unterrichtspraktikantenausbildung Studierende der Universität Wien betreut (aeccbio, 2016, aeccbio). Durch das Mitarbeiten im AECC-Biologie befassen sich beide Lehrerinnen mit dem Thema Didaktik, sowohl theoretisch als auch in ihrem Unterricht.

Formale Charakteristika des Materials (Mayring, 2010, S. 53)

Die drei Interviews wurden jeweils mit einem Diktiergerät aufgenommen und im Anschluss händisch mittels Computer transkribiert. Die dadurch entstandenen Transkripte wurden in weiterer Folge analysiert.

Fragestellung der Analyse (Mayring, 2010, S. 56ff)

Durch die Analyse des vorliegenden Materials sollen Aussagen über den behandelten Gegenstand getroffen werden (Mayring, 2010, S. 56). Die Ergebnisse der Analyse werden dann im Prozess der Didaktischen Strukturierung der Didaktischen Rekonstruktion von Kattmann mit einbezogen. Das Ziel der Analyse ist es herauszuarbeiten, wie einerseits das Interesse von Lehrpersonen und andererseits, aus Sicht der Expertinnen und Experten, das Interesse von Schülerinnen und Schülern, das Thema Moose betreffend, ist. Des Weiteren gilt es zu erarbeiten, wie das Thema Moose in der Schule von Expertinnen und Experten unterrichtet wird und welche Themenbereiche ihrer Ansicht nach Interesse auf Seiten der Schülerinnen und Schüler wecken könnten. Aus den genannten Zielen ergeben sich die folgenden Fragestellungen für die Analyse des Materials:

Wie wird das Thema Moose in der Schule vermittelt?

Besteht Interesse auf Seiten der Lehrperson und/ oder der Schülerinnen und Schüler?

Mit welchen Themenbereichen kann das Interesse auf Seiten der Schülerinnen und Schüler geweckt werden?

Analyse

Für die folgende Analyse wird die inhaltliche Strukturierung angewendet, mit dem Ziel, die Inhalte der Interviews herauszufiltern und zusammenzufassen (Mayring, 2010, S. 98). Das für diese Analyse verwendete Kategoriensystem orientiert sich anhand der Fragenfelder des erstellten Interviewleitfadens. Aus den dort behandelten Fragefeldern und den Fragestellungen der Analyse ergeben sich folgende Kategorien:

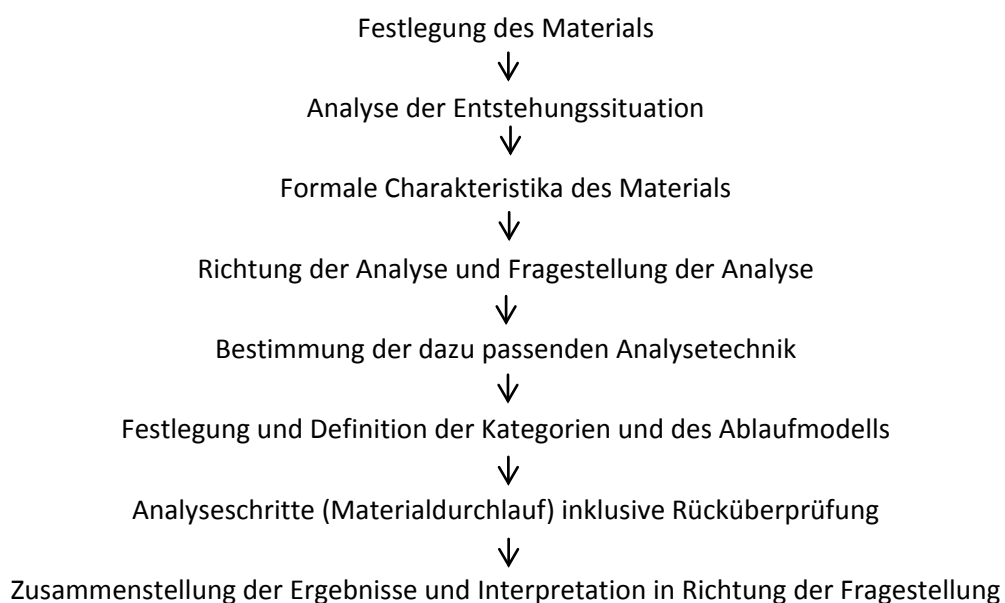
- Interesse auf Seiten der Expertin/ des Experten
- Schülerinnen- und Schülerinteressen
- eigener Unterricht der Expertinnen und Experten
- interessante Themenbereiche für den Schulunterricht
- Anregungen für die zu erstellende Einheit

In die Kategorie Interesse auf Seiten der Expertin/ des Experten werden alle Aussagen eingeordnet, aus denen Rückschlüsse auf das Interesse der Lehrperson geschlossen werden kann. Dies können sowohl direkt angesprochene Interessen, aber auch indirekt angedeutete Interessen sein. Bei der Kategorie Schülerinnen- und Schülerinteressen werden alle Aussagen eingeordnet, im Zuge dessen auf diese direkt oder indirekt geschlossen werden kann. Der Kategorie eigener Unterricht der Expertinnen und Experten werden alle Gesprächsinhalte zugeordnet, die sich auf das Unterrichtsgeschehen, dessen Gestaltung, die Planung, Vorbereitung und Durchführung beziehen. In der vierten Kategorie, werden die Inhalte eingeordnet, welche mögliche interessante Themenbereiche für einen Unterricht über Moose fördern und gestalten können. Der letzten Kategorie werden all jene Aussagen zugeordnet, die sich auf die zu erstellende Einheit beziehen.

Im ersten Schritt der Analyse werden alle zu einer Kategorie zutreffenden Aussagen gesammelt. Diese werden im nächsten Schritt generalisiert und im Folgenden zu möglichst allgemein formulierten Aussagen reduziert. Diese können im Anschluss an die Analyse interpretiert werden.

Das folgende Ablaufmodell wurde in Anlehnung an die Modelle von Mayring (Mayring, 2010, S. 59ff) entwickelt.

Ablaufmodell:



Auswertung

Im Folgenden werden die ausgewerteten Kategorien mit den zugeordneten Aussagen dargestellt. Sowohl die Generalisierung als auch die Reduktion und Rücküberprüfung sind bereits erfolgt. Für die Auswertung wurden die drei geführten Expertinnen- und Experteninterviews herangezogen. In jeder Kategorie werden zunächst die Ergebnisse mittels einer Tabelle veranschaulicht und im Anschluss näher erläutert.

- Interesse auf Seiten der Expertin/ des Experten

Interessen	Anzahl
Literatur	3
Feuchte Lebensräume (Bäche, etc.) mit Moosvorkommen	1
Ökosysteme mit Moosen	1
Das Torfmoos <i>Sphagnum</i>	1
Farbgebung von Moosen	1
Moose als Mikrokosmos	1
Ihre Vielseitigkeit in der Anwendung	1
Hohes Alter von Moosen (Entwicklung spannender Strategien)	1

Tabelle 2: Interesse auf Seiten der Expertin/ des Experten

In der Kategorie Interesse auf Seiten der Expertin/ des Experten zeigt sich, dass alle drei Befragten sich mittels Literatur (Bücher, Journale, Artikeln) über das Thema Moose informieren und auf dem neusten Stand halten. In den weiteren Aussagen divergieren die Interessensgebiete der beiden Expertinnen und des Experten stark.

- Schülerinnen- und Schülerinteressen

Schülerinnen- und Schülerinteressen	Anzahl
Abhängig von der Präsentation des Stoffes (interessante Geschichten erzählen)	3
Erdgeschichte (hohes Alter der Moose)	2
Mikroskopieren von Moosen	2
Forensik	1
Moospölster	1
Moore	1
Moorleichen	1

Befruchtung	1
Praktische Anwendungsbereiche von Moosen damals und heute	1

Tabelle 3: Schülerinnen- und Schülerinteressen

Im Rahmen des Interviews wurde betreffend der im Interview gestellten Frage der Schülerinnen- und Schülerinteressen von allen drei Lehrpersonen genannt, dass im Schulunterricht das wichtigste das Erzählen von Geschichten ist. Nur mittels spannenden Geschichten bleibt ein Thema den Schülerinnen und Schülern gut im Gedächtnis. Des Weiteren wurden folgende Punkte zweifach angesprochen: Erstens, sind die Expertinnen und der Experte der Ansicht, dass mit dem Einsatz von Lupen, Binokularen und Mikroskopen ebenfalls Interesse geweckt werden kann und man aus diesem Grund diese Instrumente im Unterricht zum Einsatz bringen sollte. Als zweites interessantes Themengebiet wurde allgemein das Interesse an der Erdgeschichte zweifach genannt, wobei hier das hohe Alter der Moose thematisch durchgenommen werden kann. Neben den drei genannten Punkten wurden noch einige andere Themenbereiche genannt, in welchen die Expertinnen und der Experte Potential sehen, das Interesse auf Seiten der Schülerinnen und Schüler zu wecken.

- eigener Unterricht der Expertinnen und Experten

Unterricht	Anzahl
Generationswechsel mit Arbeitsblatt und/oder Video	3
Mikroskopieren von Moos	3
Einstieg mit Anschauungsmaterial (Moose in den Unterricht mitbringen)	3
Experimente (Wasserhaltefähigkeit, etc.)	2
Exemplarische Unterscheidung einiger Moose	2
Evaluation mittels Stundenwiederholung, Test, eigenständigen Arbeitsblättern	2
Schulbuch: gute Thematik zu Moosen	2
Theorie, Vergleich zu den Blüten- und Farnpflanzen	1
Zeichnen von Moosen, Mooszellen, etc.	1

Tabelle 4: eigener Unterricht der Expertinnen und Experten

In dieser Kategorie geht es um den eigenen Unterricht der Befragten. Hierbei hat sich gezeigt, dass drei Elemente in den Unterrichten der Expertinnen und des Experten vorkommen. Alle drei Lehrpersonen bringen Moose in ihren Unterricht mit, damit die Schülerinnen und Schüler sich diese zu Beginn des Themas ansehen und begreifen können. Somit bekommen sie eine Vorstellung von diesen Organismen. Infolge dessen mikroskopieren auch die beiden Expertinnen und der Experte mit den Schülerinnen und Schülern Moose in der Stunde. Als drittes gemeinsames Element wird der Generationswechsel, welcher auch im Lehrplan vorgesehen ist, mittels Grafiken und teilweise auch mit Video im Unterricht veranschaulicht, besprochen und durchgenommen. Es wurde jedoch von

allen drei Lehrpersonen die Wichtigkeit und das Vorkommen des Generationswechsels im Unterricht genannt. Jedoch sollte auf diesem nicht das Hauptaugenmerk liegen. Zwei weitere wichtige Elemente sind den Expertinnen und dem Experten das Experimentieren mit Moosen, sowie die Unterscheidung unterschiedlicher Arten von Moosen. Dabei wurde betont, dass es nicht um eine genaue Artenkenntnis auf Seiten der Schülerinnen und Schüler geht, sondern vielmehr darum, dass die Schülerinnen und Schüler einzelne, wichtige Moose erkennen können. Von den beiden Expertinnen wird in der Schule ein Schulbuch zur Unterstützung verwendet und dieses wird von ihnen zum Thema Moose als gut eingeschätzt.

- interessante Themenbereiche für den Schulunterricht

Themenbereiche	Anzahl
Moosgattungen bzw. Unterscheidung einzelner, wichtiger Arten	3
Selbständige Experimente (Wasserhaltefähigkeit, etc.)	3
Moose und Ihre Umwelt (Schutz, Konsequenzen, Gefährdungsursachen etc.)	3
Direkter Kontakt mit Moosen	2
Lehrausgang im Raum Wien, um ein Bewusstsein für Moose zu schaffen	2
Mikroskopieren	2
Praktische Anwendungsbereiche von Moos (historisch und aktuell)	2
Forensik	1
Moosbilder	1
Kein eigener Moosbestimmungsschlüssel	1
Einfacher Bestimmungsschlüssel für vier bis sechs Moose	1
Aktuelle Erkenntnisse (10.000 Jahre altes Moos in Eis lebt noch, etc.)	1
Poikilohydrie (Wechselfeucht)	1
Genetik von Moosen in der Oberstufe	1

Tabelle 5: Interessante Themenbereiche für den Schulunterricht

In der Kategorie interessante Themenbereiche für den Schulunterricht haben sich viele Bereiche herauskristallisiert, wovon einige von allen drei Befragten genannt wurden. Als zentrales Element im Unterricht zu diesem Thema wurde das selbstständige Experimentieren von Seiten der Schülerinnen und Schüler genannt. Im Zuge dessen kann das Mikroskopieren gut eingebracht werden. Darüber hinaus kann Interesse auf Seiten der Schülerinnen und Schüler mittels unterschiedlichen und interessanten Moosarten geweckt werden, welche sie im Folgenden auch unterscheiden können. Als letzter Bereich, wurde von beiden Expertinnen und dem Experten, Moose und ihre Umwelt genannt, wobei dies einen zentralen Punkt für sie darstellt. Der Schutz von Arten, soll den Schülerinnen und Schülern deutlich bewusst gemacht werden. Über diese Punkte hinaus, wurde auch der direkte

Kontakt mit dem Organismus und am besten auch mit seiner Umwelt, im Zuge eines Lehrausganges, genannt. Ebenfalls interessant sind die Anwendungsbereiche, in welchen Moose sowohl in der Vergangenheit, historisch gesehen, und auch heute noch zum Einsatz kommen.

- Anregungen für die zu erstellende Einheit

Einheit	Anzahl
Bezugspunkte zum Thema im Laufe der Schuljahre öfter herstellen	2
Praktischer Teil	2
Exkursionsstandorte im Großraum Wien, Biologiewoche	2
Forschendes Lernen einbauen	1
Stundenausmaß von zwei Stunden	1
Informationen über das Schulbuch hinaus gehend	1
Poikilohydrie (Wechselfeucht)	1
Sonderstellung der Moose bewusst machen (wofür braucht man Moose)	1
Anwendungsbereiche von Moose (Steinzeit bis heute)	1

Tabelle 6: Anregungen für die zu erstellende Einheit

In der letzten Kategorie sind die Anregungen der Expertinnen und des Experten für die zu erstellende Einheit dargestellt. Wichtige Elemente aus ihrer Sicht sind der praktische Teil in der Unterrichtsstunde und auch das aus der Schule hinausgehen in die freie Natur. Dies kann im Zuge einer Exkursion oder einer Schullandwoche geschehen. Gut für die Exkursion wären Standorte in oder in der Umgebung von Wien, die mit der Klasse leicht mittels öffentlicher Verkehrsmittel erreicht werden können. Als ein weiterer wichtiger Punkt wurde die Wiederholung des Themas während der Schullaufbahn der Schülerinnen und Schüler genannt. Moose sollten immer wieder erwähnt und an den geeigneten Stellen mit dem dort aktuellen Thema in Bezug gebracht werden.

In den Expertinnen- und Experteninterviews hat sich gezeigt, dass das Vorwissen auf Seiten der Schülerinnen und Schüler davon abhängt, wie das Thema im Unterricht besprochen wird. Dabei ist das Erzählen von Geschichten wesentlich, damit der besprochene Stoff im Gedächtnis bleibt. Das Interesse der Schülerinnen und Schüler kann, nach Meinung der Expertinnen und des Experten, vielseitig sein, wobei das selbstständige Experimentieren und das Betrachten von Moosen in Bezug auf ihre Umwelt, von allen drei genannt werden. In ihrem eigenen Unterricht, bringen sowohl die Expertinnen als auch der Experte Anschauungsmaterial in den Unterricht mit und nehmen das Thema des Generationswechsels an Hand dieses Materials durch. Außerdem kommt das Mikroskop in allen

Unterrichtseinheiten zum Thema Moos zum Einsatz. Für die zu erstellende Einheit wird angeregt, einen praktischen Teil, sowie einen Lehrausgang einzuplanen.

5.2. Schülerinnen- und Schüler-Interviews

Die Auswertung der Schülerinnen- und Schülerinterviews erfolgt, wie bei den Expertinnen- und Experteninterviews, mit Hilfe der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring. Im Anschluss an die sechs geführten Interviews, wurden diese transkribiert und anschließend mit Hilfe der inhaltlichen Strukturierung analysiert.

Festlegung des Materials (Mayring, 2010, S. 52f)

Die qualitative Inhaltsanalyse wird bei allen sechs Interviews in ihrer Gesamtlänge analysiert. Die Auswahl der Stichprobe erfolgt mit Hilfe von Lehrpersonen an Gymnasien im Großraum Wien. Drei Schülerinnen und drei Schüler wurden nach bestimmten Kriterien ausgewählt, wobei diese im nächsten Schritt näher beschrieben werden.

Analyse der Entstehungssituation (Mayring, 2010, S. 53)

Die geführten Schülerinnen- und Schülerinterviews wurden im September 2016 selbstständig durchgeführt. Die einzelnen Interviews fanden, nach Erstellung des Interviewleitfadens, jeweils in einem ruhigen Raum im Schulgebäude statt. Dabei erfolgt die Dokumentation der Interviews mit Hilfe eines Diktiergerätes.

Die Auswahl der Stichprobe ist nach den folgenden Kriterien vorgenommen worden: Es wurde nach Rücksprache mit Herrn Ao. Univ. -Prof. Dr. Michael Kiehn festgelegt, dass sowohl drei weiblich, als auch drei männliche Schüler zum Thema befragt werden. Bei den jeweils drei Personen sollte eine Person im Unterrichtsfach Biologie und Umweltkunde eine gute, eine Person eine durchschnittliche und eine Person eine eher schwache Leistung erbracht haben. Die Befragten wurden über dieses Auswahlkriterium nicht informiert. Die Schülerinnen und Schüler besuchen die dritte Klasse AHS. Dies entspricht der siebenten Schulstufe. Das Thema Moose wurde im vorigen Schuljahr im Biologieunterricht diesen Schülerinnen und Schülern vermittelt.

Formale Charakteristika des Materials (Mayring, 2010, S. 53)

Bei der Durchführung der Interviews wurden diese mittels eines Diktiergerätes aufgezeichnet. Die Aufzeichnungen wurden im Anschluss händisch mit Hilfe eines Computers transkribiert und die dabei entstandenen Transkripte wurden im Anschluss daran analysiert.

Fragestellung der Analyse (Mayring, 2010, S. 56ff)

Das Ziel der Analyse ist es, Aussagen über den behandelten Gegenstand des Interviews zu erhalten (Mayring, 2010, S. 56). Die Ergebnisse der Inhaltsanalyse werden im Folgenden in der Didaktischen Rekonstruktion von Kattmann im Schritt der Didaktischen Strukturierung mit einbezogen. Das Ziel der folgenden Analyse ist es, Schülerinnen- und Schülerperspektiven zum Thema Moose herauszuarbeiten und im Anschluss in diese Arbeit miteinzubeziehen. Die Schülerinnen- und Schülerperspektiven werden im Hinblick auf folgende Themenbereiche: dem Aussehen von Moosen, ihrem Vorkommen, ihrer Vermehrung, ihrer Bedeutung in der Umwelt und ihrer Verwendung, analysiert. Des Weiteren wurde untersucht, ob die Schülerinnen und Schüler echtes Moos im Zuge des Unterrichtes gesehen haben. Im Zuge der Befragung wurden die Probandinnen und die Probanden gebeten, eine Skizze einer beliebigen Moospflanze anzufertigen, welche im Anschluss ebenfalls betrachtet und verglichen werden.

Aus den oben beschriebenen Zielen ergeben sich die nachfolgenden Fragestellungen:

Wie beschreiben Schülerinnen und Schüler Moose?

Existieren Vorstellungen zu der Vermehrung von Moos?

Welche Bedeutung haben Moose in der Umwelt und werden sie für etwas Bestimmtes vom Menschen verwendet?

Analyse

Das Ziel der nachfolgenden Analyse ist es, mit Hilfe der inhaltlichen Strukturierung die entscheidenden Interviewinhalte herauszuarbeiten und zusammenzufassen (Mayring, 2010, S. 98). Das hierbei verwendete Kategoriensystem wurde anhand der Fragefelder des verwendeten Interviewleitfadens zusammengestellt. Es ergaben sich für die Analyse folgende Kategorien:

- Aussehen von Moos
- Lebensraum
- Vermehrung
- Moose und ihre Umwelt
- Verwendung
- Lebendes Moos im Unterricht und/oder Experimente mit Moos

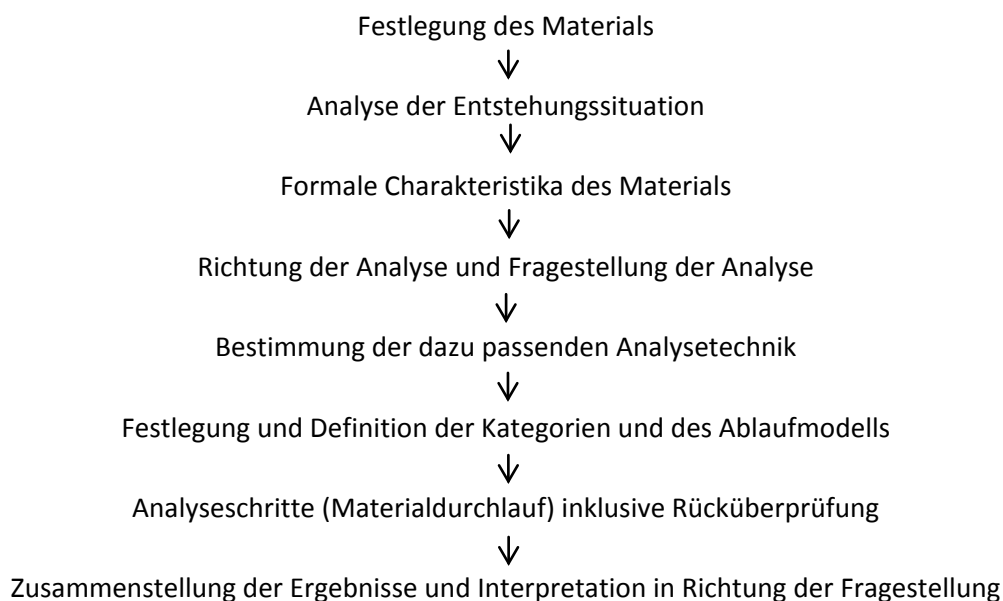
In der Kategorie Aussehen von Moos werden alle Aussagen der Schülerinnen und Schüler miteinander genommen, in welchen die Befragten beschreiben, wie sie die Pflanze sehen und/ oder sich

vorstellen. Bei der Kategorie Lebensraum werden all jene Aussagen eingeordnet, die sich direkt oder auch indirekt auf das Vorkommen der Organismen beziehen. Der Kategorie Vermehrung werden Schülerinnen- und Schüleraussagen zugeordnet, welche sich mit dem Themenbereich Fortpflanzung befassen. In die vierte Kategorie fallen all jene Aussagen, die sich direkt aber auch indirekt auf die Beziehung von Moos zu seiner Umwelt beziehen. Bei der Kategorie Verwendung werden Aussagen eingeordnet, die sich auf den Gebrauch von Moos, sowohl in der Vergangenheit, als auch in der Gegenwart beziehen. In der letzten Kategorie Lebendes Moos im Unterricht und/oder Experimente mit Moos wird analysiert, ob die Schülerinnen und Schüler im Unterricht lebende Organismen gesehen haben und/ oder ob sie mit diesen gearbeitet haben.

Bei der Durchführung der Analyse wurden aus jedem Interview die Aussagen den einzelnen Kategorien zugeordnet, dann generalisiert und im Anschluss auf allgemein formulierte Aussagen reduziert. Dies ermöglicht eine anschließende Interpretation der Analyse.

Das folgende Ablaufmodell wurde nach dem Modell von Mayring (Mayring, 2010, S. 59ff) entwickelt und wurde auch für die Analyse der Expertinnen- und Experteninterviews verwendet.

Ablaufmodell:



Auswertung

In der nun folgenden Auswertung der sechs Schülerinnen- und Schülerinterviews wurden die Aussagen der Schülerinnen und Schüler den jeweiligen Kategorien zugeordnet, generalisiert, reduziert und rücküberprüft. In den einzelnen Kategorien werden die Ergebnisse zunächst tabellarisch veranschaulicht und im Anschluss daran erläutert.

- Aussehen von Moos

Aussehen von Moos	Anzahl Schülerinnen	Anzahl Schüler
Die Pflanze ist grün.	2	3
Die Pflanze ist klein.	1	1
Sie hat viele kleine Blätter.	0	1
Moos sieht aus wie eine große Fläche, ist aber in Wahrheit viele kleine Pflänzchen.	1	0
Moose haben eine Achse und da ist ein Blatt dran.	1	0
Unten haben sie kleine braune Wurzeln zur Verankerung.	1	0
Die Pflanze hat große Blätter, die Wasser speichern.	0	1
Es ist weich.	1	0
Man kann Moos abziehen.	1	0
Moos ist flauschig.	1	0
Moos besitzt Härchen.	1	0
Moos ist flaumig.	0	1

Tabelle 7: Aussehen von Moos

Das Aussehen von Moos wird von den Schülerinnen und Schülern ganz unterschiedlich beschrieben. Das einzige Merkmal, welches von zwei Schülerinnen und allen drei befragten Schülern genannt wurde ist, dass die Pflanze grün ist. Ansonsten wurden als einziges Merkmal jeweils einmal von einer Probandin und einem Probanden genannt, dass Moos klein ist. Alle anderen Beschreibungen wurden von jeder Befragten und jedem Befragten nur einmal genannt. Interessant ist, dass nur weibliche Befragte beschrieben haben, dass Moos weich und flauschig ist.

- Lebensraum

Lebensraum	Anzahl Schülerinnen	Anzahl Schüler
Im Wald.	3	3
Auf Baumstämmen.	2	1
Am Boden.	2	1
An den Wurzeln von Bäumen.	0	1
An feuchten Stellen.	1	0
Auf Bäumen.	1	0
In Mooren.	0	1
Im Garten.	0	1

Wo es regnet.	0	1
Auf Steinen.	1	0
Bei Seen.	1	0
Beim Wasser.	1	0
Am Waldboden.	0	1
Auf Wiesen.	0	1

Tabelle 8: Lebensraum

Bei der Frage nach dem Lebensraum haben die Befragten eine große Vielfalt an unterschiedlichen Standorten genannt. Geschlossen haben alle Schülerinnen und Schüler ausgesagt, dass Moose im Wald vorkommen. Ebenfalls häufiger genannt wurde das Vorkommen von Moosen am Boden und auf Baumstämmen. Alle anderen genannten Lebensräume wurden nur einmalig erwähnt, wobei hier die Vielfalt der genannten Lebensräume bemerkenswert ist.

- Vermehrung

Vermehrung	Anzahl Schülerinnen	Anzahl Schüler
Nicht im Unterricht durchgenommen.	1	1
Keine Idee.	1	1
Am Anfang ist es eine geschlechtliche Vermehrung. Aus den Bechern kommen die Schwärmer (männliche Geschlechtsorgane). Die Schwärmer kommen in Bechergebilde und dann beginnt der ungeschlechtliche Teil.	0	1
Männliche Moose haben drinnen eine Keimzelle, die kommt durch Regen zur weiblichen Keimzelle, die im Blatt drinnen ist. Das wird zu einer Kugel zusammengemischt, die trocknet und durch den Wind weggetragen wird. Bestenfalls vermehren sie sich überall.	1	0

Tabelle 9: Vermehrung

Bei der Frage, wie sich Moose vermehren, haben jeweils eine Schülerin und ein Schüler angegeben, dass sie dieses Thema nicht im Schulunterricht durchgenommen haben. Jeweils eine Schülerin und ein Schüler haben angegeben, dass sie keine Idee hätten, wie die Vermehrung bei Moosen vor sich geht. Lediglich eine Schülerin und ein Schüler konnten beschreiben, wie die Fortpflanzung bei Moosen passiert, wobei die Beschreibung unterschiedlich ist. Beide genannten Beschreibungen der Fortpflanzung sind wage, weisen Lücken auf und beschreiben den Vorgang nicht korrekt.

- Moose und ihre Umwelt

Moose und ihre Umwelt	Anzahl Schülerinnen	Anzahl Schüler
Moose sind wichtig für die Umwelt.	0	1
Wichtig, da sie Regenwasser im Wald aufnehmen und bei Trockenheit wieder abgeben und somit die Luftfeuchtigkeit im Wald konstant halten.	0	1
Nicht wichtig für die Umwelt.	1	0
Alle Pflanzen sind wichtig für die Natur und somit auch Moose.	0	1
Wichtig, da sie ein Wasserspeicher für den Wald sind.	0	1
Wichtig da es von manchen Tieren vielleicht gefressen wird.	1	0
Wichtig für die Umwelt, da Moose wie alle grünen Pflanzen Sauerstoff produzieren.	1	0
Denkt, dass Moos wichtig für die Umwelt ist, aber keine Idee warum.	0	1

Tabelle 10: Moose und ihre Umwelt

Hier fällt auf, dass keine Aussage öfters als einmal getroffen wurde. Interessant ist, dass eine große Bandbreite an Antworten gegeben wurde. Sie reicht von der Meinung, dass Moose nicht wichtig für die Umwelt sind bis hin zu der ausführlicheren Beschreibung, dass Moose deswegen wichtig für die Umwelt sind, da sie die Luftfeuchtigkeit im Wald konstant halten. Es wurden bei dieser Frage auch allgemeine Aussagen getroffen wie etwa, dass Moose deswegen wichtig sein, da sie wie alle grünen Pflanzen Sauerstoff produzieren.

- Verwendung

Verwendung	Anzahl Schülerinnen	Anzahl Schüler
Früher zum Bauen von Unterkünften und Häusern.	2	0
Heutzutage für Heilsalben verwendet.	1	0
Früher in der Medizin verwendet.	0	1
Moos wurde früher vielleicht gegessen.	0	1
Heutzutage für Arznei vielleicht verwendet.	0	1
Keine Idee.	0	1

Zum darauf sitzen, da es weich ist.	1	0
Keine Idee.	0	1

Tabelle 11: Verwendung

Über die Verwendung von Moos in der Vergangenheit und der heutigen Zeit haben die Schülerinnen und Schüler kaum etwas mitgeteilt. Viele haben dann Vermutungen aufgestellt, aber einen sicheren Verwendungszweck konnte keiner der Befragten angeben. Vermutet wurde, dass Moose in der Medizin sowohl in der Vergangenheit als auch noch heutzutage verwendet werden. Des Weiteren wurde von zwei Schülerinnen genannt, dass in der Vergangenheit Moose vielleicht zum Bauen von Unterkünften und Häusern verwendet wurde.

- Lebendes Moos im Unterricht und/oder Experimente mit Moos

Lebendes Moos im Unterricht und/oder Experimente mit Moos	Anzahl Schülerinnen	Anzahl Schüler
Keine Experimente mit Moos.	2	3
Kein echtes Moos im Unterricht gesehen.	2	2
Echtes Moos im Unterricht gesehen.	1	1
Es wurde auf Moos Wasser geschüttet um Tautropfen zu erzeugen.	1	0

Tabelle 12: Lebendes Moos im Unterricht und/oder Experimente mit Moos

Bei der Frage, ob die Schülerinnen und Schüler lebendes Moos im Unterricht gesehen haben, gaben nur jeweils eine Schülerin und ein Schüler an, dies gesehen zu haben. Die anderen vier Befragten haben mitgeteilt, kein echtes Moos im Zuge des Unterrichts gesehen zu haben. Bei der Frage, ob im Unterricht mit Moos ein Experiment durchgeführt wurde, gaben fünf der sechs Befragten an, dass dies nicht der Fall sei. Lediglich eine Schülerin hat angegeben, im Unterricht mit Moos ein Experiment absolviert zu haben, wobei es hierbei um die Veranschaulichung von Tautropfen ging.

Skizzen der Schülerinnen



Abbildung 5: Skizze 1

Skizze 2

Skizze 3

Anhand der Skizzen der drei Schülerinnen erkennt man die unterschiedlichen Vorstellungen vom Aussehen von Moos. Die erste Skizze zeigt ein Moos am Boden. Die Striche in der Zeichnung stellen feine Härchen dar, wie die Schülerin während des Zeichnens erklärt hat. Die zweite Skizze zeigt Moos auf einem Baumstumpf, wobei das Moos auf der linken Seite der Zeichnung herunterhängt. Bei der dritten Skizze ist die Moospflanze gegliedert in eine Achse, mit einem Blatt und feine, wurzelartige Strukturen am unteren Ende. Die Schülerin hat während des Zeichnens mitgeteilt, dass viele dieser Pflänzchen nebeneinander wachsen.

Skizzen der Schüler

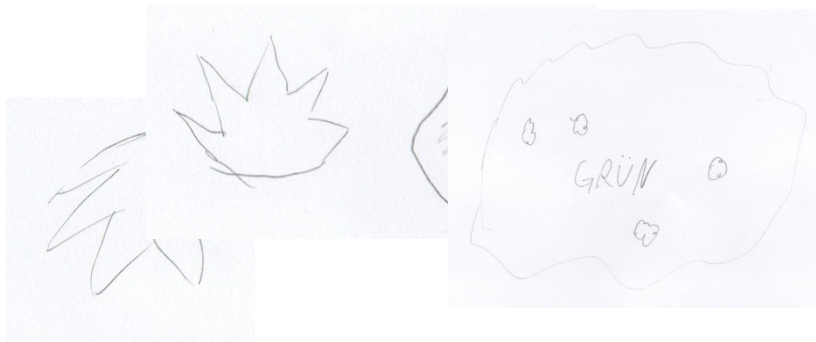


Abbildung 6: Skizze a

Skizze b

Skizze c

Die Skizzen der drei befragten Schüler zeigen alle drei Moos am Boden vorkommend. In der Skizze a ist die Moospflanze zackig dargestellt, genauso wie im ersten Teil der Skizze b. Die zweite Skizze b wurde von demselben Schüler angefertigt, was darauf hindeutet, dass er der Ansicht ist, dass nicht alle Moose gleich aussehen. Die Skizze c zeigt ein Moos von oben gesehen, wobei einige Blätter angedeutet sind. Der Schüler meinte während des Zeichnens, dass auf der Pflanze überall Blätter sind. Da ein Moos seiner Meinung nach grün ist, hat er in die Mitte grün geschrieben um anzuzeigen, dass die Pflanze grün sein muss.

Bei den Schülerinnen- und Schülerinterviews hat sich gezeigt, dass alle sechs befragten Schülerinnen und Schüler Vorstellungen darüber haben, was Moose sind. Das Aussehen von Moospflanzen konnte von allen Probandinnen und Probanden beschrieben werden, wobei dabei jeweils unterschiedliche Worte verwendet und Eigenschaften genannt wurden. Einzig und alleine die Farbe grün wurde von fünf der sechs Befragten genannt. Im Bezug auf das Vorkommen von Moosen wurde von allen sechs

Teilnehmerinnen und Teilnehmern der Wald genannt. Des Weiteren wurde überraschend eine Vielzahl von anderen Standorten genannt. Der Bitte um das Anfertigen einer Skizze wurde auch von allen sechs Befragten nachgekommen, wobei die Darstellungen teilweise sehr unterschiedlich sind.

Bei den ersten beiden Fragen konnten alle Schülerinnen und Schüler eine ausführliche Antwort geben, was bei den folgenden Fragen nicht immer der Fall war. Die Vermehrung von Moosen wurde bei zwei der Befragten im Unterricht durchgenommen und konnte in groben Zügen genannt werden. Die Beschreibung der Fortpflanzung ist jedoch falsch. Zwei der Befragten gaben an, diese im Unterricht nicht durchgenommen zu haben und die restlichen beiden Befragten gaben an, keine Ahnung zu haben wie sich Moose fortpflanzen. Dieser Punkt dürfte im Regelunterricht nicht ausführlich durchgenommen worden sein.

Wissen im Bezug auf Moose und ihre Umwelt wurde vereinzelt gezeigt, wie zum Beispiel, dass Moose Wasser speichern und aus diesem Grund für den Wald wichtig sind. Des Weiteren wurden einige allgemeine Gründe aufgezählt, warum Moose wichtig für die Umwelt sind. Bei der Anwendung von Moosen hatten die befragten Schülerinnen und Schüler kein Wissen aus dem Unterricht. Bei dieser Frage haben sie überlegt, wobei einige Ideen zutage gefördert wurden. Die genannten Anwendungsbereiche entsprechen leider kaum den tatsächlichen Anwendungsbereichen der Moose.

Durch die letzte Frage hat sich deutlich gezeigt, dass vier von sechs befragten Schülerinnen und Schülern kein echtes Moos im Unterricht im Zuge des Themenfeldes Moose gesehen haben. Darüberhinaus wurden bei fünf von sechs Probandinnen und Probanden keine Experimente mit Moosen durchgeführt. Nur eine Schülerin gab an, im Zuge des Unterrichtes mit Moos ein Experiment durchgeführt zu haben, wobei es hierbei darum ging, Tautropfen auf Moos sichtbar zu machen.

5.3. Schulbücher

Die durchgeführte Schulbuchanalyse wurde nach dem Analyseschema von Herrn Mag. Windisch durchgeführt. Da die gesamte Schulbuchanalyse den Rahmen der Arbeit bei weitem übersteigen würde, wurde die Analyse in einem geringeren Umfang durchgeführt, als in der Diplomarbeit von Herrn Mag. Windisch. Im folgenden Kapitel werden in dieser Arbeit nur die ersten beiden Schritte des Analyseschemas durchgeführt. Zunächst wird das Analyseschema, in Bezug auf das Thema Moose, beschrieben und im Anschluss daran werden drei österreichische Schulbücher nach diesem Schema untersucht. Am Ende des Kapitels wird ein Resümee in Bezug auf die drei untersuchten Schulbücher gezogen unter Berücksichtigung der didaktischen Strukturierung.

5.3.1. Analyseschema

Die Auswahl der drei Schulbücher erfolgt in erster Linie nach der Aktualität und dem Erscheinungsjahr. Es wird kein Buch analysiert, welches älter als im Jahr 2012 erschienen ist. Des Weiteren werden nur in Österreich zugelassene Schulbücher in der Auswahl berücksichtigt. Die tatsächliche Auswahl der folgenden Bücher erfolgte rein zufällig (Windisch, 2016, S. 29f):

Jilka, S., & Kadlec, V. (2015). BioTOP 2. Wien: öbv

Kugler, R., & Auer, B. (2015/16). Bio Buch 2 neu. Wien: Ed. Hötzel

Schermaier, A., & Weisl, H. (2016). bio@school 2. Linz: VERITAS-Verlag

Analyse der Eckdaten

Im ersten Schritt, werden der Schulbuchtitel, die Schulbuchautoren, die Aktualität sowie die Zielgruppe erhoben (Windisch, 2016, 36).

Analyse des Inhalts

Im nächsten Schritt wird der in den Schulbüchern zu vermittelnde Inhalt mit Hilfe der strukturierenden Inhaltsanalyse nach Mayring bezüglich formaler Kriterien und Themen relevanter Aspekte analysiert (Windisch, 2016, S. 37f):

i) Umfang des Themas Moos

Bei diesem Aspekt wird der Anteil des Themas Moose in Bezug auf die Gesamtseitenanzahl des Schulbuches bestimmt.

ii) Analyse des Inhalts

Innerhalb des Kapitels wird analysiert, welche Inhalte den Schülerinnen und Schülern vermittelt werden. Beruhend auf den Expertinnen- und Experteninterviews (5.1.) wird der Inhalt auf die folgenden Themengebiete analysiert:

- Die Erklärung des Generationswechsels der Moose.
- Die Vermittlung des Inhaltes, also ob Grafik, Abbildung, Tabellen, etc. vorhanden ist.
- Das Exemplarische Unterscheiden einiger wichtiger Moosarten.
- Das Experimentieren zum Thema Moose.
- Der Bezug von Moosen auf ihre Umwelt und der Schutz von Moosen.
- Die praktische Anwendung von Moosen.

Bei der Analyse der einzelnen Schulbücher wird zunächst das folgende Schema für die Darstellung der Ergebnisse verwendet:

Kategorie	Inhaltlich erwähnt	Inhaltlich nicht erwähnt
Generationswechsel		
Vermittlung		
Unterscheidung der Arten		
Experimente		
Moose und ihre Umwelt		
Anwendung von Moosen		

Tabelle 13: Auswertungstabelle der Schulbuchanalyse

Im Anschluss an die tabellarische Übersicht wird auf die einzelnen Punkte, in der in der Tabelle genannten Reihenfolge, näher eingegangen. Am Ende werden die erwähnten Moosarten aufgelistet um zu analysieren, welche Moosarten als wichtig und erwähnenswert erachtet werden. Bei der Analyse wird die Behandlung des Themas Moor in den Schulbüchern der zweiten Klasse nicht mit einbezogen, da es den Rahmen der Arbeit sprengen würde. Das Thema Moor wird nur im Punkt Umfang des Themas Moos miteinbezogen, da es sich hierbei um eine quantitative Auswertung handelt.

5.3.2. BioTOP 2

Analyse der Eckdaten

Das Biologiebuch BioTOP 2 wurde von den Autoren Susanna Jilka und Vera Kadlec verfasst. BioTOP 2 ist die erste Auflage dieses Schulbuches und im Jahr 2015 in Wien im Österreichischen Bundesverlag Schulbuch GmbH & Co (öbv) erschienen. Das Buch ist für den Biologie und Umweltkunde-Unterricht der zweiten Klasse an Neuen Mittelschulen und allgemein bildenden höheren Schulen-Unterstufen vom zuständigen Ministerium als geeignet erklärt worden.

Analyse des Inhalts

i) Umfang des Themas Moos

BioTOP 2 hat einen Gesamtumfang von 128 Seiten. 121 Seiten Text umfassen inhaltlich die Thematiken des Biologieunterrichts. Von diesen 121 Seiten befassen sich zwei Seiten rein mit dem Thema Moose (S. 28f) und zusätzlich wird auf in einem anderen Abschnitt in einem kurzen Absatz die Mooschicht im Wald erklärt (S. 101). Am Ende des Buches wird auf zwei Seiten das Thema Moor durchgenommen (S. 120f). Somit befassen sich ca. 4% des Schulbuches mit der Thematik Moos.

ii) Analyse des Inhalts

Kategorie	Inhaltlich erwähnt	Inhaltlich nicht erwähnt
Generationswechsel	X	
Vermittlung	X	
Unterscheidung der Arten	X	
Experimente		X
Moose und ihre Umwelt	X	
Anwendung von Moosen		X

Tabelle 14: Analyse des Inhalts BioTOP 2

Das Thema des Generationswechsels ist in BioTOP 2 ausführlich mit Hilfe einer Grafik und einem Bild erklärt. In der Grafik werden wichtige Dinge, wie etwa das weibliche Archegonium, herausvergrößert. Die geschlechtliche Fortpflanzung und die ungeschlechtliche Vermehrung sind mit unterschiedlichen Farben markiert. Der Vorgang wird sprachlich auf dem Niveau und Verständnis einer zweiten Klasse erklärt.

Die Vermittlung des Generationswechsels erfolgt somit nicht nur durch schriftlichen Inhalt, sondern zusätzlich auch mittels einer Grafik und mehreren Bildern. Die erwähnten Moosarten werden ebenfalls durch Bilder illustriert. Am Ende der zwei Seiten gibt es eine kurze Zusammenfassung über die wichtigsten Punkte.

In diesem Schulbuch wird der Aufbau der Moose zunächst allgemein beschrieben und es folgt auf der folgenden Seite die Unterscheidung zwischen Laubmoosen, wobei hier speziell das Torfmoos erwähnt wird, und Lebermoosen. Bei beiden Abteilungen wird ein Vertreter namentlich genannt und mit einem darauf hin verwiesenen Bild illustriert.

Experimente werden in diesem Buch nicht erwähnt. In der „Mach mit“ Box werden die Schülerinnen und Schüler dazu aufgefordert einen Moospolster näher zu betrachten und in Folge diesen zu zeichnen. Im Zuge dessen werden die Schülerinnen und Schüler ebenfalls dazu aufgefordert die auf dem Moos vorkommenden Tiere mit einer Lupe zu beobachten und unter Verwendung eines Bestimmungsbuches zu bestimmen. Des Weiteren gibt es einen Auftrag zur Erstellung einer eigenen Grafik des Generationswechsels.

Auf die ökologische Bedeutung der Moose wird im Hinblick auf ihre Wasserspeicherfähigkeit, mit einem besonderen Hinweis auf die Bedeutung dieser in der Waldschicht, eingegangen. Darüber hinaus wird erwähnt, dass Moose Pionierpflanzen sind. Später im Buch werden die Moose in der Mooschicht im Wald nochmals erwähnt, wobei hier auf die Moose selbst nicht eingegangen wird.

Anwendungsbereiche von Moosen kommen in BioTOP 2 nicht zur Sprache.

Erwähnte Moosarten:

- Haarmützenmoos
- Torfmoos
- Brunnenlebermoos

5.3.3. Bio Buch 2 neu

Analyse der Eckdaten

Das Schulbuch Bio Buch 2 neu wurde von Robert Kugler unter der Mitarbeit von Brigitte Auer verfasst. Bio Buch 2 neu ist für den Biologie und Umweltkunde-Unterricht inhaltlich für alle zweiten Klassen der Neuen Mittelschulen und der allgemein bildenden höheren Schulen-Unterstufen geeignet. Das Buch ist im Jahr 2015/16 in erster Auflage im Ed. Hötzel Verlag erschienen.

Analyse des Inhalts

i) Umfang des Themas Moos

Der Gesamtumfang von Bio Buch 2 neu umfasst 144 Seiten. Von diesen 144 Seiten befassen sich 135 Seiten mit der Thematik des Biologieunterrichts der zweiten Klasse. Zwei Seiten des Buches behandeln ausschließlich die Thematik Moos (S. 27f). Auf einer Seite wird die Moosschicht im Wald namentlich erwähnt (S. 7) jedoch nicht näher erläutert, weswegen diese Seite in die Berechnung nicht mit einbezogen wird. Die Thematik des Moores wird auf zwei Seiten in Bio Buch 2 neu behandelt (S. 104f). Insgesamt befassen sich also vier Seiten mit der Thematik der Moose. Dies entspricht ungefähr 3% des Gesamtinhaltes.

ii) Analyse des Inhalts

Kategorie	Inhaltlich erwähnt	Inhaltlich nicht erwähnt
Generationswechsel	X	
Vermittlung	X	
Unterscheidung der Arten	X	
Experimente		X
Moose und ihre Umwelt	X	
Anwendung von Moosen		X

Tabelle 15: Analyse des Inhalts Bio Buch 2 neu

Der Generationswechsel wird in Bio Buch 2 neu durch einen Text beschrieben. Die Beschreibung des Generationswechsels erfolgt in geeigneter Sprache für die zweite Klasse. Die wichtigen Wörter sind im Text fett gedruckt, welche einen kontinuierlichen Lesefluss beeinflussen. Zusätzlich zu dem Text

gibt es eine Grafik und zwei passende Bilder, an Hand dessen der Vorgang der Vermehrung veranschaulicht wird.

Die Vermittlung des Themas wird nach einer kurzen Einführung mittels Textpassagen, Bildern und einer Grafik gestaltet. Zusätzlich werden durch einen Steckbrief drei Moosarten mit ihren Merkmalen und Lebensräumen vorgestellt und jeweils am Seitenrand werden neu eingeführte Begriffe den Schülerinnen und Schülern erklärt. Am Ende des Themas werden zusätzliche Informationen genannt und es gibt eine kurze Zusammenfassung mit den wesentlichen Inhalten, welche sich die Schülerinnen und Schüler merken sollten.

Nach der Einführung wird der Aufbau der Moose kurz beschrieben. Hierbei werden Laubmoose erwähnt, die anderen beiden Abteilungen der Moose werden jedoch nicht genannt. Im Zuge der Beschreibung wird ein Laubmoos angeführt, von welchem auch ein Bild im Buch abgebildet ist. Am Ende der Seite sind Steckbriefe von drei verschiedenen Moosarten zu finden.

Erst bei den ergänzenden Informationen wird auf die ökologische Bedeutung der Moose eingegangen. Hierbei wird erwähnt, dass diese Wasser ansaugen und eine dicke Mooschicht das Wegschwemmen der fruchtbaren Bodenschicht verhindert. Des Weiteren wird erklärt, dass Moose Pionierpflanzen sind.

In Bio Buch 2 neu werden keine Experimente oder Anwendungsbereiche von Moosen behandelt.

Erwähnte Moosarten:

- Haarmützenmoos
- Weißmoos
- Sternmoos
- Stockwertmoos

5.3.4. bio@school 2

Analyse der Eckdaten

Das Buch bio@school 2 wurde von Andreas Schermaier und Herbert Weisl verfasst. Das Schulbuch ist in sechster Auflage im Jahr 2016 im VERTIAS-Verlag erschienen. Das Buch ist für den Biologie und Umweltkunde-Unterricht für die zweite Klasse an Hauptschulen und allgemein bildenden höheren Schulen-Unterstufen inhaltlich geeignet.

Analyse des Inhalts

i) Umfang des Themas Moos

Das Schulbuch hat einen Gesamtumfang von 144 Seiten. Davon befassen sich 133 Seiten mit inhaltlichen Thematiken. Auf einer Seite des Buches wird in einem kurzen Abschnitt die Moosschicht im Zuge des Stockwerkbaus des Waldes erklärt (S. 8). Zwei aufeinander folgende Seiten befassen sich mit der Thematik der Moose, wobei hiervon auf der ersten Seite auch die Farne mit erwähnt werden (S. 29f). Kurz darauf ist eine Seite dem Generationswechsel der Moose gewidmet (S. 34). Insgesamt behandeln vier Seiten das Thema Moose, was ca. 3% des Gesamtumfanges des Buches ausmachen.

ii) Analyse des Inhalts

Kategorie	Inhaltlich erwähnt	Inhaltlich nicht erwähnt
Generationswechsel	X	
Vermittlung	X	
Unterscheidung der Arten	X	
Experimente	X	
Moose und ihre Umwelt	X	
Anwendung von Moosen	X	

Tabelle 16: Analyse des Inhalts bio@school 2

Die Beschreibung des Generationswechsels erfolgt auf einer eigenen Seite. Nach einer kurzen Einführung werden die einzelnen Schritte des Generationswechsels logisch in einzelnen Punkten beschrieben. Jeder Punkt ist in der darunter abgebildeten Grafik mittels einer Nummer verortet. Die geschlechtliche Fortpflanzung und die ungeschlechtliche Vermehrung sind mit unterschiedlichen Farben markiert.

Die Vermittlung des Themas Moos erfolgt auf mehreren Seiten des Biologiebuches. Für die Vermittlung des Stockwerkbaus wird eine Abbildung und für die Vermittlung des Generationswechsels eine Grafik verwendet. Ansonsten werden die Textpassagen durch Bilder ergänzt und am Rand jeder Seite werden neu eingeführte Begriffe erklärt. Ebenfalls in dieser Spalte wird darauf hingewiesen, dass es zu diesem Thema online weitere Informationen gibt.

In bio@school 2 werden die Unterschiede zwischen Laub- und Lebermoosen genauer beschrieben. Dabei wird auf die unterschiedlichen Merkmale eingegangen, sowie auf ihre Lebensräume. Zu jeder Moosabteilung ist ein Bild vorhanden.

In einer „Bio-Check-Box“ wird ein Experiment zur Wasserspeicherkapazität von Moos beschrieben. Im Buch ist neben einer Versuchsanleitung auch Platz für die Eintragung von Messergebnissen.

Die ökologische Bedeutung der Moose kommt in bio@school zur Sprache, indem Moose als Pionierpflanzen beschrieben werden. Des Weiteren wird auf ihre Wasserspeicherkapazität hingewiesen. Beim Stockwerksbau des Waldes wird erklärt, dass Moose einen wichtigen Lebensraum für Kleinlebewesen darstellen.

Als Anwendungsbereich wird bei den Lebermoosen ihr Gebrauch bei der Behandlung von Haut- und Nagelpilzen beschrieben.

Folgende Moosarten werden nicht im Text des Buches genannt, jedoch durch Abbildungen dargestellt:

- Haarmützenmoos
- Kegelpfmoos
- Torfmoos
- Brunnenlebermoos

5.3.5. Resümee

Zunächst ein kurzer Blick darauf, in welcher Art und Weise das Thema Moos im Lehrplan der zweiten Klasse AHS-Unterstufe verankert ist: Das Thema Moos wird im Lehrplan für die AHS Unterstufe wörtlich nicht erwähnt. In der zweiten Klasse werden unter der Kategorie Tiere und Pflanzen die Sporenpflanzen als ein Schwerpunktthema für das Studieren des Baus und deren Funktion, sowie die Zusammenhänge zwischen Bau, Lebensweise und Umwelt, genannt. In dieser Klasse wird auch das Ökosystem Wald besprochen, in welchen die Bedeutung der Moose mit eingebracht werden kann (BMBF, 2016, Lehrpläne der AHS-Unterstufe).

Bei der Analyse hat sich gezeigt, dass alle drei Schulbücher die im Lehrplan erwähnten Themenbereiche behandeln. In allen drei Büchern wird der Generationswechsel der Moose mit Hilfe einer Grafik erklärt und vermittelt. Des Weiteren wird in jedem Buch zumindest der Grundbauplan der Organismen erklärt. In den unterschiedlichen Schulbüchern wird dieser jedoch unterschiedlich genau beschrieben. Eine Unterscheidung in die beiden Abteilungen Laub- und Lebermoose erfolgt in zwei der drei untersuchten Bücher. Die Hornmoose werden in keinem der drei untersuchten Schulbücher erwähnt. Ebenfalls werden in allen Büchern die Wasserspeicherkapazität von Moosen und auch die Tatsache, dass Moose Pionierpflanzen sind, behandelt. Die Vermittlung der Thematik erfolgt in allen drei Büchern mittels Text, Bildern und Grafiken, wobei in zwei der drei analysierten Büchern auch neu eingeführte Begriffe am Seitenrand erklärt werden.

Die beiden Kategorien Experimente und Anwendungsbereiche von Moos kommen nur in einem Buch vor, wobei die Anwendungsbereiche hier ebenfalls kaum genannt werden.

6. Didaktische Strukturierung

Im dritten Schritt der Didaktischen Rekonstruktion, der didaktischen Strukturierung, geht es darum den Unterricht für die Schule zu planen. Im Zuge des Planungsprozesses werden sowohl die erfassten Lernerperspektiven, als auch die fachliche Klärung miteinbezogen. Im Zuge der Planung wird der Unterricht sowohl thematisch als auch das Design des Lernangebotes, sowie die Gestaltung der Lernumgebung, festgelegt (Krüger & Vogt, 2007, S. 96f).

Im folgenden Kapitel werden zunächst die Ergebnisse aus den Expertinnen- und Experteninterviews, den Schülerinnen- und Schülerinterviews, sowie der Schulbuchanalyse kurz zusammengefasst und zueinander in Beziehung gesetzt. Im Anschluss daran wird die erstellte Einheit zum Thema Moos vorgestellt wird.

Bei der Auswertung der Expertinnen- und Experteninterviews hat sich gezeigt, dass alle drei Befragten der Ansicht sind, dass das Interesse auf Seiten der Schülerinnen und Schüler davon abhängt, wie der Stoff im Unterricht präsentiert wird. Bei der Präsentation des Themenbereichs ist es ganz wichtig Geschichten zu erzählen, da sich die Schülerinnen und Schüler diese merken. Des Weiteren sind die beiden Expertinnen und der Experte der Ansicht, dass Schülerinnen und Schüler ein Interesse für das hohe Alter von Moosen sowie an praktischen Elementen im Unterricht haben. Zu den praktischen Elementen gehört das Betrachten von Moos mittels einer Lupe, einem Binokular oder einem Mikroskop.

Bei der Frage nach dem eigenen Unterricht der Expertinnen und des Experten hat sich gezeigt, dass diese zum Einstieg in das Thema Anschauungsmaterial in Form von echtem Moos mitbringen, welches Schülerinnen und Schüler anschauen können. Die Pflanzen werden in allen drei Stunden von den Schülerinnen und Schülern selbstständig unter dem Mikroskop betrachtet. Es zeigt sich hier, dass es für alle drei Befragten wichtig ist, dass die Schülerinnen und Schüler mit echten Pflanzen in Berührung kommen. Ebenfalls in allen Stunden wird das Thema Generationswechsel mit den Schülerinnen und Schülern durchbesprochen, wobei Arbeitsblätter, Grafiken und Videos zur Unterstützung verwendet werden. Hierbei sieht man, dass diese Thematik keine einfach ist und zu deren Vermittlung unterschiedliche Materialien zu Hilfe genommen werden. Bei zwei der drei Befragten werden im Unterricht ebenfalls Experimente zu und mit Moosen durchgeführt, sowie die exemplarische Unterscheidung von einigen Moosen besprochen. Diese exemplarische Unterscheidung soll den Schülerinnen und Schülern helfen in der freien Natur Moose von anderen Pflanzen zu unterscheiden.

Als interessante Themenbereiche für den Schulunterricht wurden viele Gebiete genannt. Sowohl von den beiden Expertinnen als auch dem Experten wurde genannt, dass das selbstständige Experimentieren mit Moos ein spannender Bereich für den Unterricht wäre. Des Weiteren ist die Beziehung von Moos zu seiner Umwelt ein Themengebiet, welches ihrer Ansicht nach auf Interesse stößt, wobei man hier die Bereiche Schutz, Gefährdungsursachen, Konsequenzen und dergleichen besprechen kann. Ebenfalls als ein interessantes Gebiet wurde die Unterscheidung von einigen Moosarten genannt, welche die Schülerinnen und Schüler im Idealfall in der freien Natur der Schulumgebung selbstständig erkennen können. Darüber hinaus wurde genannt, dass der direkte Kontakt mit den Pflanzen sowohl im Klassenraum als auch in der freien Natur wesentlich wäre. Durch den Kontakt mit lebendem Material bekommen die Schülerinnen und Schüler ein Gefühl für diese Pflanzengruppe und erkennen Moose in der freien Natur. Als ein weiteres interessantes Gebiet wurde von den Befragten die aktuelle und historische Verwendung von Moosarten durch den Menschen genannt. Außerdem ist von Bedeutung, dass die Schülerinnen und Schüler bei dem Erlernen des neuen Themas Anknüpfungspunkte zu ihrem Alltagsleben bekommen.

Bei den Schülerinnen- und Schülerinterviews hat sich gezeigt, dass Schülerinnen und Schüler im Allgemeinen nicht wissen, was Moose sind. Sie können das Aussehen der Pflanze grob beschreiben aber nichts darüber hinaus. Die Beschreibung ist allgemein gehalten und enthält wenige Details. Die Vielfalt bei der Beschreibung ist bemerkenswert. Die einzige Gemeinsamkeit war, dass die Pflanze grün ist. Weder die unterschiedlichen Abteilungen, noch eventuell ausgebildete Geschlechtsorgane wurden beschrieben. Bei den Beschreibungen hat sich gezeigt, dass alle Befragten ein Moos schon einmal gesehen haben, aber eine genaue Beschreibung war von keinem möglich. Hier zeigt sich, dass die Schülerinnen und Schüler sich mit Moosen nicht näher befasst haben und diese für sie nicht von großer Bedeutung sind. Alle Schülerinnen und Schüler fertigten eine Skizze eines Moores an, wobei diese nicht sehr detailgetreu sind. Somit sind die Skizzen nicht eindeutig als Moos zu erkennen und für Außenstehende nicht klar zuordenbar. Bei den angefertigten Skizzen zeigt sich aber ein deutlicher Unterschied. Eine Skizze einer Schülerin zeigt deutlich wurzelähnliche Strukturen, ein Stämmchen sowie Blättchen. Somit wurde eindeutig ein Laubmoos skizziert. Ebenfalls hat ein Schüler bei seiner Moosskizze Blätter eingezeichnet. Im Vergleich dazu sind auf den anderen Skizzen keine Blättchen erkennbar. Ein anderer Schüler hat zwei verschiedene Moose gezeichnet. Das eine Moos wurde mit Zacken und das andere ganz rund dargestellt. Hierbei ist also zu vermuten, dass dieser Schüler offenbar mit verschiedenen Moosarten in Berührung gekommen ist (vielleicht wollte er ein Laub- und ein Lebermoos darstellen?). Wenn man nun alle Zeichnungen betrachtet, zeigt sich, dass die Schülerinnen und Schüler, ohne dass ihnen das bewusst ist, offensichtlich mit unterschiedlichen Moosarten in Berührung gekommen sind und somit sehr unterschiedliche Vorstellungen vom Aussehen von Moosen haben.



Abbildung 7: Skizze 3

Skizze c

Skizze b

In Bezug auf den Lebensraum, in welchem Moose vorkommen, gaben alle sechs Probandinnen und Probanden an, dass die Organismen im Wald zu finden sind. Darüber hinaus wurde eine große Vielfalt von den unterschiedlichsten Lebensräumen genannt. Dies ist bemerkenswert, da auch Standorte wie Steine oder See genannt wurden. Auffällig ist dabei, dass sich die Befragten bei dem Standort Wald sicher waren hier Moos zu finden. Bei vielen anderen genannten Standorten waren sie sich nicht sicher und es wurde vielfach lediglich vermutet, dass an diesen Orten Moose vorkommen könnten.

Die Vermittlung des Generationswechsels im Schulunterricht wurde bei zwei der sechs Schülerinnen und Schülern ausgelassen. Von den restlichen vier Befragten konnten zwei dieser vier keine Angaben zur Fortpflanzung von Moosen machen. Die anderen beiden konnten die Vermehrung und Fortpflanzung bei Moosen grob beschreiben, wobei die Beschreibung viele Lücken aufweist. Hierbei zeigt sich, dass die Vermittlung des Generationswechsels im Schulunterricht offensichtlich nicht erfolgreich war. Die Schülerinnen und Schüler haben keine Vorstellung davon, wie sich Moose fortpflanzen bzw. vermehren.

Die Bedeutung von Moosen in der Umwelt wurde im Unterricht augenscheinlich ebenfalls nicht genauer durchbesprochen. Es wurden von den Schülerinnen und Schülern allgemeine Argumente genannt wie etwa, dass Moose wie alle Pflanzen wichtig für die Natur sind. Spezifische Aspekte wurden hingegen, außer von einem Schüler, nicht genannt. Es zeigt sich, dass für die Schülerinnen und Schüler Moose keine wichtige Rolle in der Umwelt spielen und diese einfach dieselben Funktionen haben wie andere Pflanzen im selben System.

Die Verwendung von Moos in der Vergangenheit und in der Gegenwart dürfte in keinem Unterricht zur Sprache gekommen sein. Alle sechs Befragten gaben an, nicht genau zu wissen, wofür Moos verwendet wurde oder derzeit verwendet wird. Es wurden von Seiten der Schülerinnen und Schülern

einige Ideen genannt, jedoch waren sie sich bei keiner der genannten Anwendungen sicher, dass diese auch tatsächliche Anwendungen seien. Auf die Frage, ob die Schülerinnen und Schüler echtes Moos im Unterricht gesehen hätten, haben nur zwei der sechs dies bejaht. Experimente mit Moosen wurden ebenfalls, außer bei einer Schülerin, im Zuge des Unterrichtes nicht durchgeführt. Daraus lässt sich schließen, dass die Vorstellungen wie eine Moospflanze aussieht entweder auf Abbildungen und Fotos in den Schulbüchern beruhen oder aus den Alltagserfahrungen und Erlebnissen der Schülerinnen und Schülern.

Als dritter Analyseschritt wurde die Schulbuchanalyse durchgeführt. In den drei betrachteten Schulbüchern beträgt der Umfang des Themas Moos jeweils zwischen drei und vier Prozent. In allen drei Schulbüchern wird das Thema „Moose“ explizit, aber auch in Bezug auf den Stockwerksbau im Wald behandelt. In zwei der drei Bücher wird darüber hinaus das Thema „Moor“ vermittelt. Ein thematischer Schwerpunkt in jedem der Bücher ist der Generationswechsel der Moose. Dieser wird jeweils mittels eines Textes und einer zugehörigen Abbildung erklärt. Darüber hinaus wird auch in allen drei Büchern die Beziehung von Moos zu seiner Umwelt behandelt. In allen drei Büchern geht es hierbei um die Rolle, die Moos in Wäldern spielt. Die Unterscheidung einzelner Moosabteilungen und Arten ist in den drei betrachteten Schulbüchern unterschiedlich thematisiert. In einem der Bücher wird genau zwischen den Laub- und Lebermoosen unterschieden, wohin gegen in einem anderen Schulbuch die einzelnen Abteilungen nicht erwähnt werden. Auffallend ist, dass nur in einem einzigen Buch ein Experiment zu dem Thema Moos beschrieben wird, welches von den Schülerinnen und Schülern durchgeführt werden kann. Ebenfalls kaum vorhanden sind die unterschiedlichen Anwendungen von Moosen in der heutigen Zeit und der Vergangenheit. Auf diesen Punkt geht ebenfalls nur ein einziges Schulbuch ein und dies nicht sonderlich detailreich.

Aus den geführten Expertinnen- und Experteninterviews lässt sich erkennen, dass den Befragten wichtig ist, dass die Schülerinnen und Schüler wissen, was Moose sind und sie diese in der freien Natur von anderen Pflanzen unterscheiden können. Gut wäre es, wenn die Schülerinnen und Schüler einzelne wichtige Moosarten kennen und voneinander unterscheiden können. Das Thema des Generationswechsels wird von allen drei Expertinnen und Experten in der Schule unterrichtet, aber nicht als Schwerpunkt gesehen. Diese Einschätzung korreliert positiv mit den Aussagen der befragten Schülerinnen und Schülern. Alle sechs haben Wissen über Moos und konnten eine Moospflanze beschreiben. Bei der Frage nach der Vermehrung von Moosen, konnten vier der sechs Probandinnen und Probanden keine Aussage dazu treffen und auch die beiden anderen konnten den Vorgang nur in groben Zügen wieder geben. Bei der Beschreibung dieser beiden, wurde der Eindruck erweckt, dass sie sich den Vorgang der Vermehrung nicht so recht vorstellen können. Interessant ist, dass das Thema Generationswechsel aber in allen drei betrachteten Schulbüchern ausführlich behandelt wird.

Interessant ist, dass alle befragten Schülerinnen und Schüler mehrere Standorte nennen konnten, an welchen Moose zu finden sind. Bei der Befragung der beiden Expertinnen und dem Experten wurde nur von einem die Standortvielfalt von Moos erwähnt, aber von keinem wurde dies als ein Themenschwerpunkt für den Unterricht genannt. Auch in den Schulbüchern wird auf die enorme Standortvielfalt der Moose kaum eingegangen.

Als ein wichtiger Punkt wurde von den Expertinnen und dem Experten der direkte Kontakt sowohl durch Anschauungsmaterial, als auch durch Mikroskopieren genannt. Bei der Befragung der Schülerinnen und Schüler hat sich jedoch herausgestellt, dass bei vier der sechs befragten kein echtes Moos im Unterricht gezeigt und studiert wurde. Ebenfalls wurde, außer bei einer Schülerin, keine Experimente mit Moosen durchgeführt. In den Schulbüchern findet sich auch nur in einem der drei eine Anleitung zu einem Experiment, welches die Schülerinnen und Schüler selbstständig durchführen können.

Die Beziehung von Moos zu seiner Umwelt wird von den Expertinnen und dem Experten als ein wesentlicher Punkt im Schulunterricht gesehen. Bei diesem gibt es negative Korrelation mit den Schülerinnen- und Schülerinterviews. Bei dieser Frage wurden die unterschiedlichsten Antworten gegeben, wobei diese eine Bandbreite von keiner Idee ob Moose wichtig für die Umwelt sind bis hin zu Moose sind für die Luftfeuchtigkeit in Wäldern von Bedeutung, aufweisen. Hierbei zeigt sich, dass die Schülerinnen und Schüler nicht wirklich wissen, welche Rolle Moose in der Umwelt und den einzelnen Ökosystemen spielen. In den Schulbüchern wird die Beziehung des Mooses zu seiner Umwelt jeweils beschrieben. Schwerpunktmäßig wird dabei die Rolle der Moose in Wäldern behandelt, da der Wald ein wichtiges Thema in der zweiten Klasse AHS darstellt.

Auf Seiten der Expertinnen und des Experten wurden die unterschiedlichen Anwendungen von Moos in der Vergangenheit und der heutigen Zeit als ein interessantes Thema für den Schulunterricht genannt. Bei der Frage nach möglichen Anwendungen wusste keine Schülerin und auch kein Schüler eine konkrete Anwendung auf Anhieb zu nennen. Dies weist daraufhin, dass dieser Themenbereich in keinem Unterricht besprochen wurde. Von Seiten der Schülerinnen und Schüler wurden dann einige Ideen genannt. Diese Aussagen decken sich mit den untersuchten Schulbüchern, da nur in einem einzigen Buch Anwendungen sehr kurz und ungenau erwähnt werden.

Für die erstellte Einheit hat sich aus den geführten Interviews sowie der Schulbuchanalyse ergeben, dass es wichtig zu sein scheint die Schülerinnen und Schüler in den direkten Kontakt mit Moosen zu bringen. Dabei ist es sinnhaft, sowohl Anschauungsmaterial mit freiem Auge als auch unter dem Mikroskop zu betrachten. Hierbei ist die Unterscheidung von einzelnen Abteilungen oder sogar einzelnen Arten nicht der Schwerpunkt. Die Schülerinnen und Schüler sollen aber grob den

Unterschied zwischen Laub- und Lebermoosen kennen, damit sie wissen, dass es bei Moosen unterschiedliche Abteilungen und Arten gibt und nicht alle Moose gleich aussehen. Die dritte Abteilung der Moose, die Hornmoose, können zu einem späteren Zeitpunkt vertieft behandelt werden. Wichtig ist, dass die Schülerinnen und Schüler Moos erkennen und von anderen Pflanzen in der freien Natur unterscheiden können.

Des Weiteren ist bei der Vermittlung des Generationswechsels darauf zu achten, dass dieser für die Schülerinnen und Schüler in verständlicher Weise vermittelt wird. Möglicherweise ist hierbei wichtiger, dass die Schülerinnen und Schüler den Vorgang in groben Zügen verstehen, als jedes Detail zu kennen. Bei der Vermittlung des Generationswechsels gibt es zwei Möglichkeiten. Dieser kann entweder anhand der Lebermoose oder anhand der Laubmoose besprochen werden. Die Lebermoose haben den Vorteil, dass ihr Gametophyt in seinem Aussehen ganz anders als andere Pflanzen ist und somit nicht leicht mit anderen Pflanzen verwechselt werden kann. Bei dem Gametophyten der Laubmoose ist eine Verwechslungsgefahr mit anderen Pflanzen gegeben, aber natürlich kann der Generationswechsel auch anhand dieser Abteilung durchbesprochen werden.

Einen wichtigen Bestandteil des Unterrichtes sollte die Rolle des Mooses zu seiner Umwelt einnehmen, damit die Schülerinnen und Schüler verstehen, warum diese Organismen eine entscheidende Rolle in den verschiedenen Ökosystemen der Erde spielen. Darüber hinaus sollten den Schülerinnen und Schülern einige Anwendungen von Moosen in Bezug auf den Menschen vorgestellt werden und ihnen gezeigt werden, wie lange Moose schon in nahezu unveränderter Form die Erde bevölkern.

Aus den erhobenen und ausgewerteten Daten haben sich einige Punkte ergeben, welche nun als Grundlage für eine Einheit für die zweite Klasse AHS verwendet werden sollen. Das Ziel der Einheit ist, dass Schülerinnen und Schüler am Ende dieser Sequenz folgende Punkte gelernt haben sollen:

- Sie sollen Moos in der Natur erkennen und wissen wie es aussieht.
- In Bezug auf die Umwelt ist es wichtig, dass Schülerinnen und Schüler wissen, dass Moose wichtig für den Wasserhaushalt im Wald sind, da sie Wasser sowohl speichern als auch wieder an die Luft abgeben können. Des Weiteren, dass viele kleine Organismen in Moos vorkommen und Moose als ihren Lebensraum nutzen. Drittens sollten sich die Schülerinnen und Schüler merken, dass Moose in nahezu allen Lebensräumen, außer dem Meer, vorkommen können.
- Die Fortpflanzung und Vermehrung der Moose sollte in den Grundzügen verstanden werden, wobei es wichtig ist, dass Schülerinnen und Schüler wissen, dass es bei Moosen eine

ungeschlechtliche Vermehrung und eine geschlechtliche Fortpflanzung gibt. Den Begriff Generationswechsel sollen die Schülerinnen und Schüler erklären können.

- Außerdem sollen die Schülerinnen und Schüler wissen, wie alt Moose erdgeschichtlich gesehen sind, wo Moose in der Vergangenheit verwendet wurden und wo sie in der heutigen Zeit zur Anwendung kommen.

Im nachfolgenden Kapitel wird die Einheit zum Thema Moos für die zweite Klasse AHS vorgestellt.

7. Einheit

Stundenbild

Klasse: 2. Klasse AHS		
Thema: Moos		
Ziele: Wissen was Moose sind und diese erkennen, die Vermehrung der Moose verstehen, die Beziehung von Moos zu seiner Umwelt erkennen, sowie einige Anwendungen der Organismen kennen		
Planung:		
Inhalt	Sozialform	Material
Einstieg mit Alter der Moose	Lehrer- Schüler- Gespräch	-
Anschauungsmaterial mit freiem Auge betrachten und besprechen	Erarbeitung, Lehrer- Schüler- Gespräch	Echtes Moos
Mikroskopieren von Moos	Erarbeitung, Besprechung	Echtes Moos, Mikroskope
Beziehung der Moose zur Umwelt, Experiment zur Wasserspeicherkapazität	Besprechung, Experiment	Unterlagen, Experimentausstattung
Generationswechsel	Besprechung, Erarbeitung	Power Point Präsentation, Video, Arbeitsblatt
Anwendungen von Moos	Stationen Betrieb	Stationen Material, Arbeitsblatt
Highlights	Lehrer- Schüler- Gespräch	Power Point Präsentation
Didaktischer Zusammenhang: Moose kennen lernen, sowie deren Bedeutung im Ökosystem sowie für den Menschen		
Beilagen: Arbeitsblatt, Power Point Präsentation, Stationen Betrieb Material		

Abbildung 8: selbsterstelltes Stundenbild

Voraussetzungen

Die Schülerinnen und Schüler haben den Aufbau der Gefäßpflanzen bereits im Vorfeld des Unterrichts besprochen. Gut wäre es, wenn die einzelnen Erdzeitalter mit den Schülerinnen und Schülern durchbesprochen wurden. Des Weiteren sollten sie den Umgang mit dem Mikroskop beherrschen. Alternativ können die Moose auch mit einer Lupe oder einem Binokular untersucht werden.

7.1. Einstieg

Als Einstieg wird den Schülerinnen und Schülern gesagt, dass es in dieser Stunde thematisch um Moose gehen wird. Zu Beginn werden nun die Schülerinnen und Schüler gefragt, wie lange sie denn glauben, dass es Moos auf der Erde schon gibt. Nachdem die Klasse ihre Vermutungen genannt

haben, wird die Lehrperson ihnen erklären, dass es Moos bereits seit ca. 320 Millionen Jahren auf der Erde gibt und sich diese im Laufe der Zeit kaum verändert haben. Vor 320 Millionen Jahren war das Erdzeitalter Karbon. In diesem Zeitalter gab es unter anderem ein gehäuftes Auftreten von Haien und die ersten Reptilien tauchten auf (Spektrum der Wissenschaft, 1991, Karbon). Dass Moose so alt sind, ist wissenschaftlich durch Fossilfunde belegt. Belegt ist, dass es auf der Erde schon Moose gab bevor die Dinosaurier die Erde dominiert haben (Die Dinosaurier waren von der Oberen Trias (vor 235 Millionen Jahre) bis zur Kreide-Tertiär-Grenze (vor 65 Millionen Jahren) die dominanten Lebewesen auf der Erde.) (Spektrum der Wissenschaft, 2001, Dinosaurier).

7.2. Anschauungsmaterial

In den Unterricht werden einige unterschiedliche Moose mitgebracht. Als Anschauungsmaterial eignen sich größere Moose, wo die Schülerinnen und Schüler auch mit freiem Auge den Aufbau der Pflanzen erkennen können. Gut und ebenfalls leicht zu finden wäre beispielsweise das Brunnenlebermoos *Marchantia polymorpha*. Ebenfalls geeignet wäre aufgrund seiner Größe das Goldene Frauenhaarmoos *Polytrichum commune*, sowie das Weißmoos *Leucobryum glaucum*. Gut wäre es, wenn auf den Moospflanzen auch Antheridien, Archegonien und Sporophyten ausgebildet wären.

Zunächst sollen sich die Schülerinnen und Schüler, am besten in Kleingruppen zu zweit oder dritt, die Pflanzen vorerst genau anschauen und sich überlegen, was ihnen auffällt. Die Lehrperson supervidiert die unterschiedlichen Aufgabenstellungen. Im Anschluss daran werden die Beobachtungen in der Klasse besprochen. Dabei soll der Aufbau von Moosen besprochen werden. Wichtig ist hierbei den Unterschied zu den Gefäßpflanzen herauszuarbeiten.

Gut wäre es mit der Besprechung anhand des Lebermooses *Marchantia polymorpha* anzufangen. Dieses eignet sich aufgrund der Größe der Geschlechtsorgane und häufigem Vorkommen. Wenn die augenscheinlichen Merkmale an diesem besprochen wurden, können die Unterschiede im Aufbau der Laubmoose, zum Beispiel anhand des Laubmooses *Polytrichum commune*, besprochen werden.

Folgende Punkte sollten genannt werden:

Lebermoos:

- Ihr Gametophyt ist flächig und lappig.
- Die Pflanze liegt meistens flach am Boden.
- Auf der Unterseite befinden sich wurzelähnliche Strukturen.

- Die männlichen und weiblichen Geschlechtsorgane sind mit dem bloßen Auge gut zu erkennen. Sie werden deutlich vom Gametophyten abgehoben. Sie haben ein schirmartiges Aussehen. Durch das Abheben vom Boden kann die Ausbreitung der männlichen Geschlechtszellen besser erfolgen. Die männlichen und weiblichen Gametangien-Stände (Schirme) kommen auf unterschiedlichen Pflanzen vor.
- Die männlichen Schirme sind scheibenförmig und wenig gelappt. Die männlichen Geschlechtsorgane befinden sich auf der Oberseite der Schirme. Somit können, auftreffende Regentropfen die männlichen Geschlechtszellen herauspülen.
- Die weiblichen Schirme sind strahlig eingeschnitten und die weiblichen Geschlechtsorgane sitzen auf der Unterseite der Schirme.
- Lebermoos besitzen häufig Brutbecher (als Runde Poren erkennbar), die der ungeschlechtlichen Vermehrung dienen. In diesen Brutbechern befinden sich kleine Pflanzenteile (Brutkörper), aus welchen eine neue Pflanze entstehen kann.

Laubmoos:

- Moose bilden „Polster“ bestehen aus einzelnen Pflanzen.
- Diese Pflanzen besitzen eine Gliederung in dünne Stämmchen, Blättchen und dünnen, wurzelartige Strukturen.
- Häufig sind die Blättchen spiralig um das Stämmchen angeordnet.
- Die Blättchen dienen wie bei anderen Pflanzen der Photosynthese.
- Es ist wichtig den Schülerinnen und Schülern zu erklären, dass Wasser nicht wie bei Gefäßpflanzen durch die Wurzel ähnlichen Strukturen, sondern über die gesamte Oberfläche aufgenommen wird.
- Die wurzelartigen Strukturen dienen der Verankerung der Pflanze im Boden.
- Es gibt sowohl weibliche als auch männliche Geschlechtsorgane, wobei diese nicht emporgehoben sind, wie beim Brunnenlebermoos.
- Es werden gestielte Sporenkapseln ausgebildet.

(Theorieteil, Diversität und Organisation der Pflanzen und Pilze, 2013)

Im Anschluss an dieses Durchbesprechen können die Schülerinnen und Schüler den Lückentext am Arbeitsblatt ausfüllen, sowie eine Skizze eines Laub- und eines Lebermooses anfertigen.

Mikroskopieren von Moos

Die Schülerinnen und Schüler sollen wieder in Kleingruppen lebende Moospflanzen, und hier vor allem Archegonien, Antheridien und Sporophyt mit Kalyptra unter dem Mikroskop betrachten. Dabei

sollen sich die Schülerinnen und Schüler die Strukturen und den Aufbau zuerst anschauen. Im Anschluss daran wird eine beschriftete Skizze angefertigt. Antheridien, Archegonien sowie Sporophyte eventuell mit Kalyptra können den Schülerinnen und Schülern davor auf den Pflanzen gezeigt werden, damit diese wissen, worauf sie achten und wonach sie suchen sollen. Es können auch die Brutbecher unter dem Binokular genauer betrachtet werden, wobei die Schülerinnen und Schüler mit Glück die Brutkörper erkennen können.

7.3. Moose und ihre Umwelt

Die Bedeutung der Moose für die Umwelt wird zusammen mit der Klasse erarbeitet. Dafür werden zunächst einmal die Schülerinnen und Schüler gefragt, ob ihrer Meinung nach Moose wichtig für die Umwelt sind und wenn ja aus welchem speziellen Grund. Es werden die Ideen gesammelt und im Anschluss daran die folgenden drei Themenbereiche zusammen mit der Klasse besprochen. Im Anschluss daran wird der dazugehörige Teil des Arbeitsblatts ausgefüllt.

Wasserspeicherfähigkeit

Moose reagieren sehr empfindlich auf die Umwelt. Im Gegensatz zu anderen Pflanzen nehmen Moose Wasser nicht durch ihre wurzelartigen Strukturen sondern über die ganze Oberfläche auf. Dabei nehmen sie auch Wasser aus der Luft auf. Das aufgenommene Wasser wird von den Moosen gespeichert. Viele Moose sind gute Wasserspeicher. Das gespeicherte Wasser kann auch wieder an seine Umwelt abgegeben werden, indem die Moose langsam austrocknen und dabei Wasser abgeben. Dies ist zum Beispiel für das Ökosystem Wald von entscheidender Bedeutung (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S.33f).

Lebensraum für viele Tiere

Moose bieten für viele kleine Tiere und Mikroorganismen einen wichtigen Lebensraum. In Moospolstern finden viele Tiere Schutz vor der Umwelt oder vor anderen Tieren. Moose werden zum Beispiel von Fliegenlarven, Algen oder manchen Bakterien besiedelt (Richardson, 1981, S. 103ff).

Standortvielfalt

Moose können von nackten Felsen, Wälder, Seen bis hin zu Tundren die verschiedensten Lebensräume besiedeln. Der einzige Lebensraum, welcher von ihnen nicht besiedelt wird, ist das Meer. Moose reagieren auf die Umwelt sehr empfindlich und können sich somit auf die jeweiligen vorherrschenden Bedingungen einstellen (Richardson, 1981, S. 134ff).

Experiment zur Wasserspeicherfähigkeit von Moosen

Für das Experiment gehen die Schülerinnen und Schüler in Vierer- oder Fünfergruppen zusammen. Jede Gruppe erhält das unten aufgelistete Material. Die Anweisungen für das Experiment haben die Schülerinnen und Schüler auf ihrem Arbeitsblatt. Auf diesem befindet sich keine schrittweise Versuchsanleitung, da die Schülerinnen und Schüler selbst auf die Idee kommen sollen, zunächst das trockene Moos abzuwiegen, dieses dann in Wasser zu legen und erneut zu wiegen.

Wir wollen herausfinden, ob Moos wirklich ein guter Wasserspeicher ist. Auf dieser Seite hast du eine Liste mit Gegenständen, die du verwenden kannst. Überlege zusammen mit den anderen Schülerinnen und Schülern deiner Gruppe, wie ihr herausfinden und überprüfen könnt, ob und wenn ja wie gut Moos Wasser speichert. Haltet euer Vorgehen schriftlich fest.

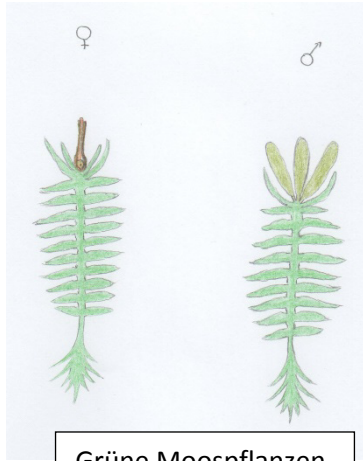
Material:

- Trocken Moos
- Waage
- Papier
- Stift
- Plastikschaale
- Wasser

7.4. Generationswechsel

Der Generationswechsel wird im Rahmen des Frontalunterrichts von der Lehrerin oder dem Lehrer vermittelt. Bei der Erklärung wird eine Power-Point-Präsentation verwendet, um den Inhalt für Schülerinnen und Schüler anschaulich zu präsentieren und das Verständnis für diesen Inhalt zu erleichtern. Als Abbildungen können die einzelnen Bilder der Grafik verwendet werden. Gut wäre es auch, die Grafiken mit realen Aufnahmen zu ergänzen. Das Erklären des Generationswechsels kann entweder anhand der Leber- oder Laubmoose erfolgen. Bei den Lebermoosen ist weniger die Verwechslungsgefahr mit anderen Pflanzen gegeben, da diese ein deutlich anderes Aussehen besitzen. Im Folgenden sind beide Generationswechsel dargestellt.

Generationswechsel Laubmoos



Grüne Moospflanzen



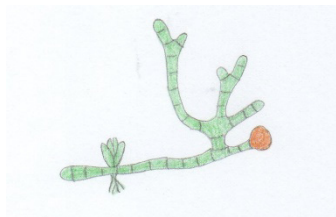
Weibliches Geschlechtsorgan



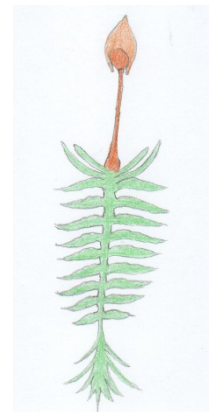
Männliches Geschlechtsorgan



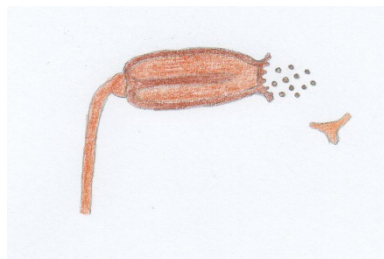
Befruchtung



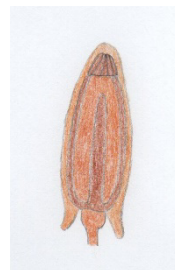
Vorkeim



Sporenkapsel auf Moospflanze



Ausbreitung Sporen



Sporenkapsel mit Kalyptra

Abbildung 9: Generationswechsel der Laubmoose

Generationswechsel Lebermoos



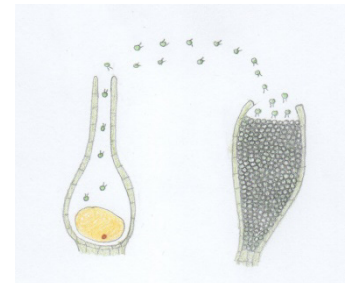
Grüne Moospflanzen



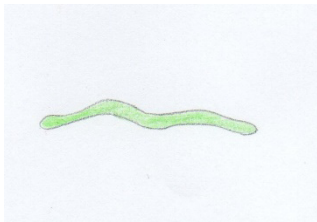
Weibliches Geschlechtsorgan



Männliches Geschlechtsorgan



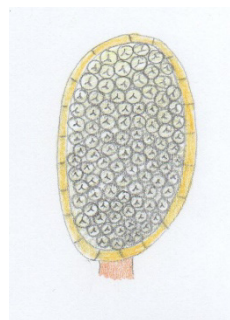
Befruchtung



Vorkeim



Ausbreitung Sporen



Sporenkapsel



Sporenkapsel auf Moospflanze

Abbildung 10: Generationswechsel der Lebermoose

Generationswechsel

Moose haben im Gegensatz zu vielen anderen Pflanzen- und Tierarten sowohl eine ungeschlechtliche Vermehrung als auch eine geschlechtliche Fortpflanzung. Die grünen Moospflanzen, welche man mit freiem Auge zum Beispiel am Waldboden sieht, bilden sowohl männliche als auch weibliche Geschlechtsorgane aus. Die männlichen Geschlechtsorgane sind meistens keulenförmig und gestielt. In den männlichen Geschlechtsorganen werden begeißelte Zellen gebildet. Die weiblichen Geschlechtsorgane sind hingegen flaschenförmig. In diesem wird im Bauch eine einzige Eizelle gebildet.

Mittels Wasser (meistens Regenwasser) gelangen die männlichen Geschlechtszellen zum weiblichen Geschlechtsorgan. Im weiblichen Geschlechtsorgan verschmilzt eine männliche Zelle mit der Eizelle. Dies nennt man Befruchtung und dieser Vorgang ist die geschlechtliche Fortpflanzung.

Aus der befruchteten Eizelle entwickelt sich eine Sporenkapsel mit Stiel, die aus dem weiblichen Geschlechtsorgan herauswächst. Die Sporenkapsel ist ihr ganzes Leben von der Moospflanze abhängig, da sie von dieser mit Nährstoffen und Wasser versorgt wird. Im Inneren der Sporenkapsel werden die Sporen gebildet. Wenn die Sporenkapsel reif ist, platzt diese auf und die herausfallenden Sporen werden durch den Wind ausgebreitet. Dieser Vorgang ist die ungeschlechtliche Vermehrung.

Die Sporen landen hoffentlich auf einem geeigneten Boden, wo sie zu keimen beginnen. Wenn die Bedingungen stimmen, entsteht zunächst ein fadenförmiger Vorkeim aus dem sich im Anschluss die uns bekannte Moospflanze entwickelt. Nun geht der Generationswechsel wieder von neuem los (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 86f) (Vanderpoorten & Goffinet, 2009, S. 3ff).

Nach dem Besprechen des Themas mit den Schülerinnen und Schülern wird ein kurzes Video von youtube (Moss Reproduction, <https://www.youtube.com/watch?v=jcWYAnmm-QE>) ohne Ton ab der 15. Sekunde gezeigt. Die Lehrperson spricht selbst dazu zum Beispiel folgenden Text:

Moose führen im Lauf ihres Lebens einen Generationswechsel durch. Sporen werden in der Sporenkapsel produziert. Die Sporenkapsel reißt auf und lässt die Sporen frei. Am Boden beginnt die Spore zu keimen und bildet einen Vorkeim. Aus diesem Vorkeim entwickelt sich die eigentliche Moospflanze. Es bilden sich einerseits männliche Geschlechtsorgane, in welchen männliche Geschlechtszellen gebildet werden und andererseits weibliche Geschlechtsorgane, in denen jeweils eine Eizelle gebildet wird. Die männlichen Geschlechtszellen werden entlassen und schwimmen zu den weiblichen Geschlechtsorganen. In diesen findet die Befruchtung statt. Nach der Befruchtung entwickelt sich eine Sporenkapsel.

Nach dem Video wird der dazu passende Teil des Arbeitsblatts ausgefüllt.

7.5. Verwendung

Die Klasse wird in fünf ca. gleich große Gruppen geteilt. Jede Gruppe erhält zu einem der folgenden Themen die Information und, falls vorhanden, Anschauungsmaterial. Die Schülerinnen und Schüler sollen diese Informationen durchlesen und sich das dabei liegende Material anschauen. Sie können auch mit ihrem Smartphone im Internet nach weiteren interessanten Informationen suchen. Nach ca. fünf Minuten stellt jede Gruppe in ca. einer Minute ihre Station dem Rest der Klasse vor. Die

Schülerinnen und Schüler schreiben nach jeder kurzen Präsentation die Informationen auf das Arbeitsblatt.

Der Steinzeitmensch Ötzi

Bei dem Steinzeitjäger Ötzi fanden Forscher in seinen Verdauungsorganen insgesamt sechs verschiedene Moosarten. Die Forscher vermuten, dass Ötzi sein Essen in Moos eingewickelt hatte und auf diesem Weg Moos in seinen Körper gelangte. Absichtlich gegessen dürfte er die Pflanze nicht haben. Des Weiteren vermuten Wissenschaftler, dass Ötzi Moos auch als Wundverband verwendete. Dabei dürfte es sich um Torfmoos handeln, dass einerseits sehr saugfähig ist und andererseits eine antibakterielle Wirkung aufweist (Dickson, 2008).



Abbildung 11: MyHeritage blog. (2011). 20 Jahre Entdeckung von Ötzi. Österreich Journal. Abgerufen am 21.09.2016 von <http://blog.myheritage.de/2011/02/20-jahre-entdeckung-von-otzi/>

Funde

Es wurden archäologische Funde von Moos gemacht, woraus hervorgeht, dass Moose auch in der Vergangenheit von Menschen genutzt wurde. Im Folgenden ein paar Beispiele:

- In der Bronze- und Eisenzeit wurden Boote mit Moos abgedichtet.
- Die alten Römer haben ihre Böden mit dichten Moosteppichen ausgelegt, Moos als Zunder verwendet um Feuer im Gang zu halten und zum Stoppen von Blutungen bei Schnitten.
- In England verwendeten die Menschen Moos um Gemüse und Obst zu lagern sowie als Füllmaterial in Wänden (Richardson, 1981, S. 181ff).

Alte Kulturen

Auch aus vielen anderen Kulturen ist bekannt, dass die Menschen Moos im Alltag verwendeten. Einige Beispiele:

- Bei den Eskimos wurden die Verstorbenen eine bestimmte Zeit auf Moos in die Gräber gelegt (Frahm, 2006, S. 113).
- Indianer in Nordamerika benutzten Moos als Polsterung für Knochenbrüche. Außerdem stellten sie bei Verbrennungen einen Umschlag aus Moos zur Linderung her (Richardson, 1981, S. 183ff).
- In England zurzeit Queen Viktorias wurden Moose als Dekoration von Damenhüten und Hauben verwendet (Richardson, 1981, S. 183ff).
- Im Mittelalter fand Moos Verwendung sowohl als Heilmittel als auch als Toilettenpapier. Aus dieser Zeit stammt auch der Ausdruck Lebermoos (Frahm, 2006, S. 113f).

Erster Weltkrieg

Im ersten Weltkrieg war Torfmoos von enormer Bedeutung. Es wurde in getrockneter Form als Verbandsmaterial genutzt. Torfmoos hatte gegenüber normalem Verbandsmaterial die folgenden Vorteile:

- dass es Flüssigkeit bis zu dem zwanzigfachen seines Trockengewichtes aufnehmen kann,
- es kühl und weich ist,
- es für bis zu drei Tagen auf der Wunde bleiben konnte ohne gewechselt werden zu müssen und
- es eine leichte antibakterielle Wirkung aufweist.

Nach dem ersten Weltkrieg ist diese Nutzungsweise jedoch in Vergessenheit geraten (Richardson, 1981, S. 191f).

Heutzutage

Auch in der heutigen Zeit wird Moos vom Menschen verwendet. Einige Beispiele:

- Moos wird häufig zu Dekorationszwecken genutzt. Man kann aus Moos zum Beispiel Moos Graffiti herstellen.
- Eine weitere Verwendung findet Moos im Gartenbau. Am stärksten ist dies in Japan der Fall, wo es eigene Moosgärten gibt (Richardson, 1981, S. 187ff).

- In der Wissenschaft werden Moose als sogenannte Bioindikatoren verwendet. Mit ihrer Hilfe kann man Aussagen über die Luft- und Wasserverschmutzung, in dem Gebiet wo sie vorkommen, feststellen (Richardson, 1981, S. 187) (Frahm, 2006, S.96).



Abbildung 12: Urban-Gardening Berlin. (2014). Moos Graffiti einfach selber machen-Guerilla Gardening Streetart. Abgerufen am 21.09.2016 von <http://www.urban-gardening.berlin/guerilla-gardening-streetart-moosgraffiti-einfach-selber-machen/>



Abbildung 13: ZEN-Kloster und Japan-Garten in Liebenau. (). Der Moos-Garten. Abgerufen am 21.09.2016 von http://www.japan-garten.eu/moos_garten.htm

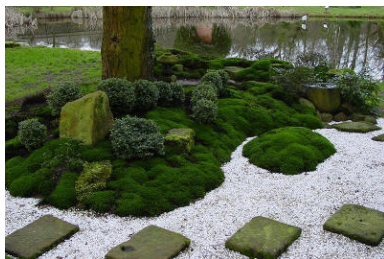


Abbildung 14: ZEN-Kloster und Japan-Garten in Liebenau. (). Der Moos-Garten. Abgerufen am 21.09.2016 von http://www.japan-garten.eu/moos_garten.htm

7.6. Highlights

Der letzte Themenpunkt wird als Frontalunterricht von der Lehrperson vorgetragen. Dabei wird zusätzlich eine Power-Point-Präsentation verwendet, um den Schülerinnen und Schülern die vorgestellten Kuriositäten zu illustrieren. Auf der Power-Point-Präsentation sind die unter diesem Punkt folgenden Bilder zu sehen. Am Ende werden die drei Bilder auf dem Arbeitsblatt entsprechend beschriftet.

Moosbälle

Die Bezeichnung Moosbälle hört sich vielleicht seltsam an, aber es gibt sie wirklich. Weltweit sind derzeit vier Moosarten bekannt, die diese Erscheinung aufweisen. Ihr Aussehen resultiert aus unterschiedlichen Umweltbedingungen. Eine Art entsteht zum Beispiel durch den Wind. Eine andere Art erhält ihre Form durch das Auftauen und Zufrieren des Bodens, wodurch die Moose umgeworfen werden und nach einiger Zeit eine Kugelform entsteht (Frahm, 2006, S. 195ff).



Abbildung 15: Frahm, J. (2006). *Moose – Eine Einführung*. Jena: Weissdorn-Verlag, S. 197 Abb. 220 Moosbälle von *Rigodium implexum* am Grunde des Valdivianischen (gemäßigten) Regenwaldes in Chile.



Abbildung 16: Frahm, J. (2006). *Moose – Eine Einführung*. Jena: Weissdorn-Verlag, S. 196 Abb. 219 Der Lago de Parrillar in Patagonien (Chile).

Leuchtmoos

Eine weitere Kuriosität ist das sogenannte Leuchtmoos. Dieses Moos kommt in einigen beschränkten Lebensräumen vor. Durch eine spezielle Form in seiner Bauweise reflektiert das Moos das einfallende Sonnenlicht wodurch der Eindruck entsteht, dass es grün leuchtet (Frahm, 2006, S. 202).



Abbildung 17: OutdoorFEX. (2015). CC-BY-SA 4.0. Leuchtmoss (*Schistostega pennata*). Abgerufen am 21.09.2016 von <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=44697882>

Moorleichen

Ähnlich wie die bekannten Mumien aus dem alten Ägypten gibt es aus der Vergangenheit Moorleichen. In Torfmoor, welches aus Moos besteht, werden Pflanzen und Tiere aufgrund der dort vorherrschenden Bedingungen (durch spezielle Zellen werden Nährstoffe gegen Wasserstoffionen ausgetauscht, wodurch das Wasser angesäuert und der Abbau von organischen Substanzen verhindert wird.), gut konserviert. Zu manchen Zeiten war auch das Begraben der Toten im Moor bei einigen Kulturen populär, wodurch viele Moorleichen entstanden sind. Einige Moorleichen sind so gut erhalten, dass neben der Haut und der Kleidung auch der Mageninhalt der Verstorbenen erhalten ist (Richardson, 1981, S. 194f).



Abbildung 18: Blick am Abend. (2015). Van Nieuwenhove, J., Flickr. Der Tollund-Mann. Abgerufen am 21.09.2016 von <http://www.blickamabend.ch/news/selbst-nach-jahrhunderten-10-erstaunlich-gut-erhaltene-leichname-id4168794.html>



Abbildung 19: Expedition Moor. (2008). Rosborn, S. Der Mann von Grauballe (Jütland, Dänemark). Abgerufen am 21.09.2016 von <http://www.blickamabend.ch/news/selbst-nach-jahrhunderten-10-erstaunlich-gut-erhaltene-leichname-id4168794.html>



Abbildung 30: Expedition Moor. (2010). Landesmuseum Natur und Mensch, Oldenburg. Überreste eines gewaltsam getöteten, etwa siebeneinhalb Jahre alten Jungen aus dem Moor bei Kayhausen. Abgerufen am 21.09.2016 von <http://www.blickamabend.ch/news/selbst-nach-jahrhunder>

Da die Einheit mit der Besprechung der Moorleichen endet, würden sich als nächstes Thema die Moore anbieten, da hier eine gute Überleitung und Anknüpfungspunkt gegeben ist.

7.7. Arbeitsblatt

Moose

Aufbau

Lebermoose

Lebermoose sind _____. Die männlichen und weiblichen Geschlechtsorgane sitzen auf _____. Zusätzlich besitzen sie _____, die der ungeschlechtlichen Vermehrung dienen.

Laubmoose

Laubmoose besitzen eine Gliederung in _____, _____ und _____. Sie besitzen eine gestielte _____, in denen die Sporen gebildet werden.

Die wurzelartigen Strukturen dienen nicht wie bei anderen Pflanzen der _____ sondern der _____ im Boden. Das Wasser wird bei Moosen durch die _____ aufgenommen.

Fertige eine Skizze eines Laub- und eines Lebermooses an:

Umwelt

Moose sind wichtig für die Umwelt. Entscheide, ob die folgenden Aussagen zutreffend, also richtig oder nicht zutreffend, also falsch sind.

Aussagen	Wahr	Falsch
Moose reagieren empfindlich auf die Umwelt.		
Moos können viel Wasser speichern.		
Moose nehmen Wasser über die wurzelartigen Strukturen auf.		
Moose sind für den Wald wichtig.		
Moose werden von Wiederkäuern bewohnt.		
Manche Moose kommen in der Tundra vor.		
Moose kommen im Meer vor.		

Experiment

Wir wollen herausfinden, ob Moos wirklich ein guter Wasserspeicher ist. Auf dieser Seite hast du eine Liste mit Gegenständen, die du verwenden kannst. Überlege zusammen mit den anderen Schülerinnen und Schülern deiner Gruppe, wie ihr herausfinden und überprüfen könnt, ob und wenn ja wie gut Moos Wasser speichert. Haltet euer Vorgehen schriftlich fest.

Material:

- Trockenes Moos
- Waage
- Papier
- Stift
- Plastischale
- Wasser

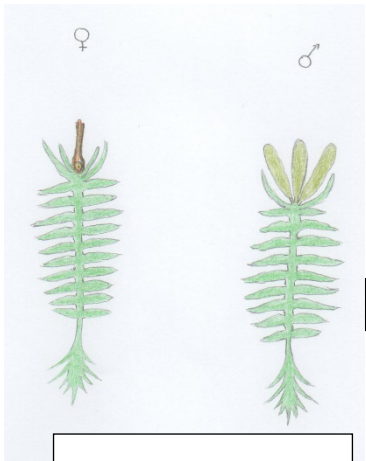
Vorgehensweise:

Erkenntnis:

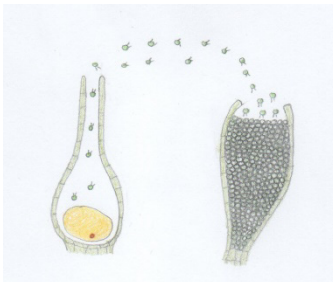
Fortpflanzung

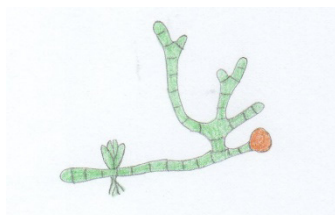
Beschrifte in der folgenden Grafik die einzelnen Abbildungen. Im Anschluss daran ordne die Textstellen der passenden Abbildung in der Grafik zu.

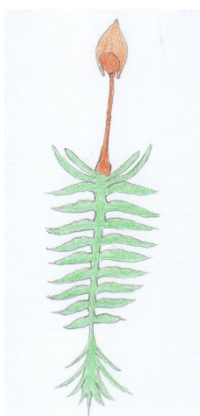
Generationswechsel Laubmoos

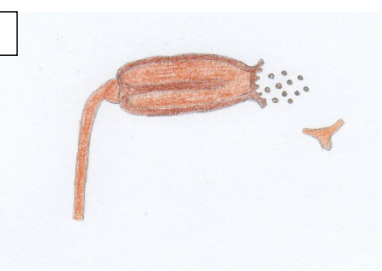
☐ 

☐ 
☐ 

☐ 

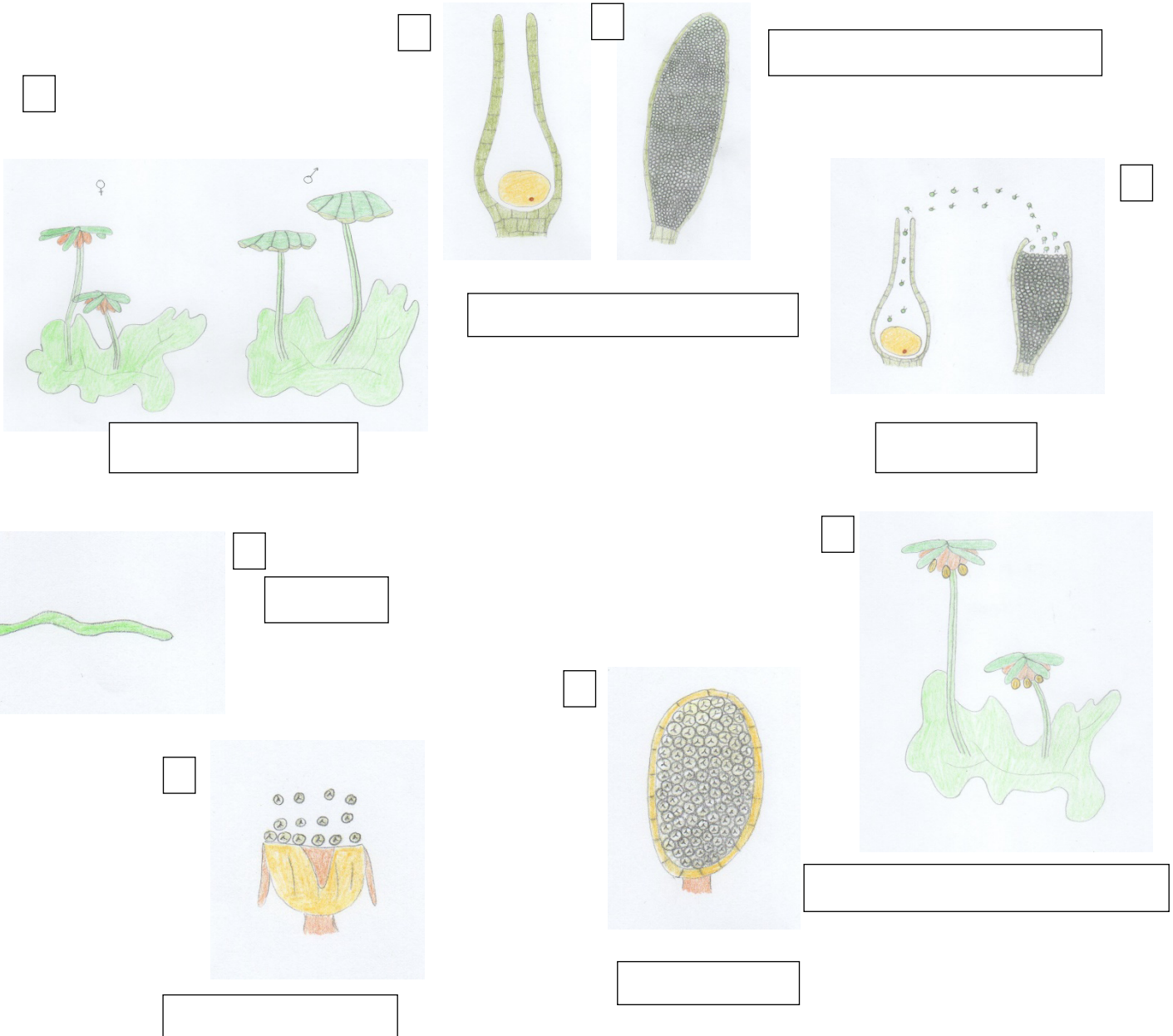
☐ 

☐ 

☐ 

☐ 

Generationswechsel Lebermoos



1. Die männlichen Geschlechtsorgane sind meistens keulenförmig und gestielt. In den männlichen Geschlechtsorganen werden begeißelte Zellen gebildet.
2. Wenn die Sporen auf einem geeigneten Boden landen, beginnen sie zu keimen. Wenn die Bedingungen stimmen entsteht zunächst ein fadenförmiger Vorkeim, aus welchem sich im Anschluss die uns bekannte Moospflanze entwickelt. Nun geht der Generationswechsel wieder von neuen los.

3. Aus der befruchteten Eizelle entwickelt sich eine Sporenkapsel mit Stiel, welche aus dem weiblichen Geschlechtsorgan herauswächst. Die Sporenkapsel ist ihr ganzes Leben von der Moospflanze abhängig, da sie von dieser mit Nährstoffen und Wasser versorgt wird.
4. Durch Wasser (meistens Regenwasser) werden die männlichen Geschlechtszellen zum weiblichen Geschlechtsorgan transportiert. Im weiblichen Geschlechtsorgan verschmilzt eine männliche Zelle mit der Eizelle. Dies nennt man Befruchtung. Dieser beschriebene Vorgang stellt die geschlechtliche Fortpflanzung dar.
5. Wenn die Sporenkapsel reif ist platzt diese auf und die herausfallenden Sporen werden durch den Wind ausgebreitet. Dieser Vorgang ist die ungeschlechtliche Vermehrung.
6. Die weiblichen Geschlechtsorgane sind flaschenförmig. In diesen wird im Bauch eine einzige Eizelle gebildet.
7. Die grünen Moospflanzen, welche mit freiem Auge zum Beispiel am Waldboden zu sehen sind, bilden sowohl männliche als auch weibliche Geschlechtsorgane aus.
8. Im Inneren der Sporenkapsel werden die Sporen gebildet.

Verwendung

Schreibe auf, wofür Moose in der Vergangenheit verwendet wurden, und wofür sie heute noch verwendet werden.

Vergangenheit:

Heutzutage:

Highlights

Beschrifte die folgenden Bilder: was ist auf diesen abgebildet?



Lösungen

Moose

Aufbau

Lebermoose

Lebermoose sind flächig. Die männlichen und weiblichen Geschlechtsorgane sitzen auf Schirmen. Zusätzlich besitzen sie Brutbecher, die der ungeschlechtlichen Vermehrung dienen.

Laubmoose

Laubmoose besitzen eine Gliederung in Stämmchen, Blättchen und wurzelartige Strukturen. Sie besitzen eine gestielte Sporenkapseln, in denen die Sporen gebildet werden.

Die wurzelartigen Strukturen dienen nicht wie bei anderen Pflanzen der Wasseraufnahme sondern der Verankerung im Boden. Das Wasser wird bei Moosen durch die Oberfläche aufgenommen.

Fertige eine Skizze eines Laub- und eines Lebermooses an:

Umwelt

Moose sind wichtig für die Umwelt. Entscheide, ob die folgenden Aussagen zutreffend sind oder nicht.

Aussagen	Wahr	Falsch
Moose reagieren empfindlich auf die Umwelt.	X	
Moos können viel Wasser speichern.	X	
Moose nehmen Wasser über die Wurzeln auf.		X
Moose sind für den Wald wichtig.	X	
Moose werden von Wiederkäuern bewohnt.		X
Manche Moose kommen in der Tundra vor.	X	
Moose kommen im Meer vor.		X

Experiment

Wir wollen herausfinden, ob Moos wirklich ein guter Wasserspeicher ist. Auf dieser Seite hast du eine Liste mit Gegenständen, die du verwenden kannst. Überlege zusammen mit den anderen Schülerinnen und Schülern deiner Gruppe, wie ihr herausfinden und überprüfen könnt, ob und wenn ja wie gut Moos Wasser speichert. Haltet euer Vorgehen schriftlich fest.

Material:

- Trockenes Moos
- Waage
- Papier
- Stift
- Plastischale
- Wasser

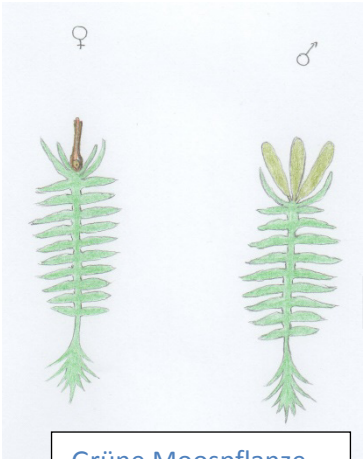
Vorgehensweise:

Erkenntnis:

Fortpflanzung

Beschrifte in der folgenden Grafik die einzelnen Abbildungen. Im Anschluss daran ordne die Textstellen der passenden Abbildung in der Grafik zu.

Generationswechsel Moos



7

Grüne Moospflanze



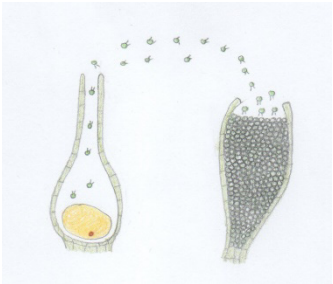
6

Weibliches Geschlechtsorgan



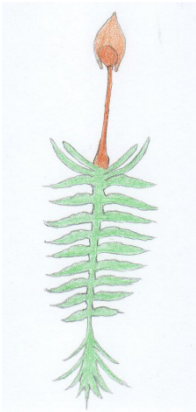
1

Männliches Geschlechtsorgan



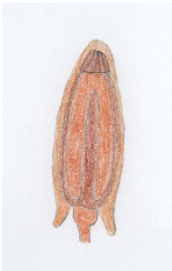
4

Befruchtung



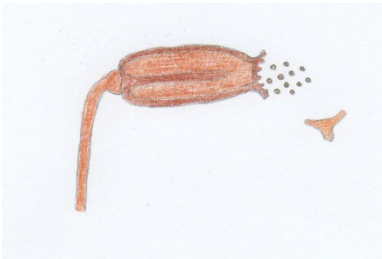
3

Sporenkapsel auf Moospflanze



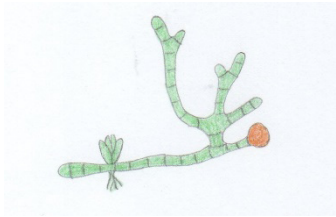
8

Sporenkapsel mit Kalyptra



5

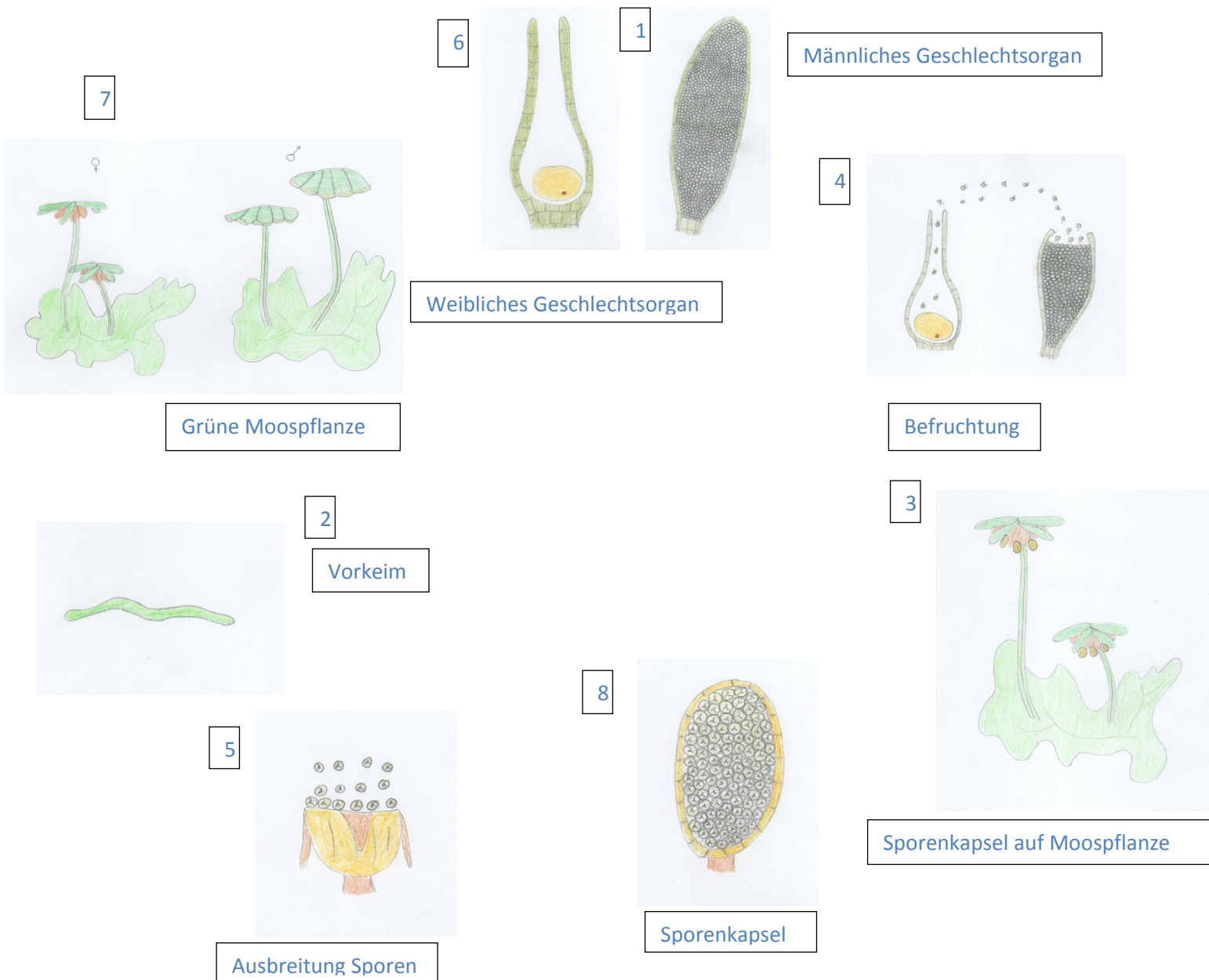
Ausbreitung Sporen



2

Vorkeim

Generationswechsel Lebermoos



Ordnung der Textstellen laut Aufgabenstellung auf Seite 100.

Verwendung

Schreibe auf, wofür Moose in der Vergangenheit verwendet wurden und wofür sie heute noch verwendet werden.

Vergangenheit: Häuserdämmung, Bootsauskleidung, Hutdekoration, Bandage im ersten Weltkrieg, Polsterung von Verletzungen, Heilmittel, Toilettenpapier

Heut zu Tage: [Moos Graffiti](#), [Moosgärten](#), [Bioindikatoren](#)

Highlights

Beschrifte die folgenden Bilder: was ist auf diesen abgebildet?



[Moorleiche](#)



[Leuchtmoos](#)



[Moosbälle](#)

8. Fazit und Ausblick

Am Ende der vorliegenden Arbeit ein kurzes Fazit: Die Thematik der Moose ist um ein vielfaches komplexer als sie auf den ersten Blick erscheint. Sobald man in das Thema eingetaucht ist, ergeben sich immer wieder neue Blickwinkel und andere Bereiche, welche bis dahin nicht bemerkt wurden. Die vorliegende Arbeit zur Thematik Moose behandelt nur wenige Punkte und diese auch nur oberflächlich, da sonst der Rahmen der Diplomarbeit gesprengt werden würde. Die erstellte Einheit umfasst nur einen Bruchteil dessen, was für Schülerinnen und Schüler interessant wäre. Viele komplizierte Thematiken wurden außen vor gelassen, da sie für die Schulstufe zu komplex und kompliziert gewesen wären.

Die im Zuge dieser Arbeit erstellte Einheit kann in der Praxis erprobt und angewendet und in Folgearbeiten ausgebaut werden. Dabei ist dann zu überprüfen, ob die angestrebten Ziele in der Praxis Erfolg haben oder ob die Einheit in bestimmten Punkten überarbeitet werden soll. Bei der Beschäftigung mit dem Thema Moos fällt auf, dass diese Organismen nicht nur in der zweiten Klasse AHS, wo sie derzeit im Lehrplan verortet sind, besprochen werden können, sondern auch in jeder anderen Klasse Einzug in den Unterricht finden könnten.

Im Folgenden werden Vorschläge gegeben, wo Moose beispielsweise im Schulunterricht mit einbezogen werden könnten. Für die Verortung der einzelnen Themenbereiche wurden die Lehrpläne der AHS-Unterstufe sowie der AHS-Oberstufe herangezogen.

Moose als Organismen werden erstmals in der zweiten Klasse AHS besprochen und somit wäre eine Erwähnung in der ersten Klasse AHS nicht zielführend. In der dritten Klasse AHS sollen die Schülerinnen und Schüler sowohl die positiven als auch die negativen Folgen des menschlichen Handelns auf das Ökosystem Boden und Umweltprobleme allgemein behandeln. In diesem Kontext könnte man die Zerstörung und Ausbeutung der Moore durch menschliches Handeln sowie die Nutzung von Moos als Bioindikatoren ansprechen. Dadurch wird den Schülerinnen und Schülern der Organismus Moos wieder ins Gedächtnis gerufen und mit neuen Informationen verbunden. In der vierten Klasse AHS sind die Themenbereiche weitgehend gleich. Somit könnte man die eben angesprochenen Themen in der vierten Klasse wiederholen und weiter vertiefen (BMBF, 2016, Lehrpläne der AHS-Unterstufe).

Auch in der AHS Oberstufe kann das Thema Moose in den Unterricht mit einbezogen werden. In der fünften Klasse AHS kann im Zuge der Vermittlung der Biodiversität die Standortvielfalt für das Vorkommen der Moose besprochen werden. Des Weiteren kann hier ihre Entwicklung wiederholt und vertieft durchgenommen, besprochen und diskutiert werden. In der sechsten Klasse AHS stehen

inhaltlich verschiedene Ökosysteme auf dem Lehrplan. In den zu besprechenden Lebensräumen können Moose und deren Rolle in diesem System besprochen und auf diese aufmerksam gemacht werden. Ein weiterer Ansatzpunkt in dieser Altersstufe sind erneut Umweltprobleme, wo der Wert von Moosen als Bioindikatoren Einzug in den Unterricht finden kann (BMBF, 2016, Lehrpläne der AHS-Oberstufe).

In der siebenten Klasse AHS könnte im Themenbereich Systematik auf Moose Bezug genommen werden. Anhand der Moose kann das Ordnen der Organismen besprochen werden. Mit dem Besprechen der neuen Ordnung innerhalb der Moose aufgrund neuester Forschungsergebnisse in den vergangenen Jahren kann das Thema weiter ausgebaut und vertieft werden. In der achten Klasse AHS können die Moose beim Thema Evolution im Hinblick auf ihr langes Vorkommen auf der Erde eingeplant werden. Des Weiteren kann hier auch besprochen werden, dass sich Moose seit ihrem erstmaligen Auftreten, kaum verändert haben. Außerdem kann ihre Rolle bei der Besiedelung der Pflanzen an Land besprochen werden (BMBF, 2016, Lehrpläne der AHS-Oberstufe).

Literaturverzeichnis

Buch-Quellen

Diversität und Organisation der Pflanzen und Pilze. (2013). Fakultätszentrum für Biodiversität, Fakultät für Lebenswissenschaften, Universität Wien, Rennweg 14, A-1030 Wien

Fischer, M. (2008). Einführung in die botanische Morphologie und Biosystematik sowie die ökologische Floristik für Schulbiologie (mit Pflanzenbestimmungsübungen). Institut für Botanik der Universität Wien

Flick, U., Kardorff, E., & Steinke, I. (2013). Qualitative Forschung. Ein Handbuch. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt Taschenbuch Verlag GmbH

Frahm, J. (2006). Moose – Eine Einführung. Jena: Weissdorn-Verlag

Gropengießer, H., Harms, U., & Kattmann, U. (2013). Fachdidaktik Biologie. Hallbergmoos: Aulis Verlag

Jilka, S., & Kadlec, V. (2015). BioTOP 2. Wien: öbv

Krüger, D., Parchmann, I., & Schecker, H. (2014). Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag

Krüger, D., & Vogt, H. (2007). Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag

Kugler, R., & Auer, B. (2015/16). Bio Buch 2 neu. Wien: Ed. Hötzel

Markert, B. A., Breure, A. M. & Zechmeister, H. G (2003). Bioindicators & Biomonitors: Principles, Concepty, and Applications. Amsterdam: Elsevier Science Ltd.

Mayring, P. (2010). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. 11., aktualisierte und überarbeitete Auflage. Weinheim und Basel: Beltz Verlag

Richardson, D. H. S. (1981). *The Biology of Mosses*. Oxford: Blackwell Scientifics Publications

Schermaier, A., & Weisl, H. (2016). bio@school 2. Linz: VERITAS-Verlag

Vanderpoorten, A., & Goffinet, B. (2009). Introduction to Bryophytes. Cambridge: Cambridge University Press

Artikel

Dickson, J. H., Hofbauer, W., Porley, R. et al. (2008). Six mosses from the Tyrolean Iceman's alimentary tract and their significance for his ethobotany and the events of his last days (University of St. Andrews, Schottland) *Veget Hist Archaeobot*, 10.1007/s00334-007-0141-7

Shaw, J., & Renzaglia, K., (2004). Phylogeny and Diversification of Bryophytes. *American Journal of Botany*, 91(10): 1557-1581.

Dissertationen

Auleitner, L. (2014). „Schülervorstellungen zu Drogenpflanzen“ (Nicht veröffentlichte Dissertation). Universität Wien, Österreich.

Hölzl, M. (2013). „Didaktische Überlegungen zur Präsentation blütenbiologischer Phänomene im Botanischen Garten der Universität Wien“ (Nicht veröffentlichte Dissertation). Universität Wien, Österreich.

Lampert, P. (2012). „Blüten und Bestäuber: Fachliche Grundlagen, Schülervorstellungen und Modelle“ (Nicht veröffentlichte Dissertation). Universität Wien, Österreich.

Schönbeck, V. (2013). „Pflanzliche Biodiversität im Botanischen Garten der Universität Wien - ihr didaktisches Potential zur Vermittlung von biologischen, ökologischen, geographischen und gesellschaftlichen Themen“ (Nicht veröffentlichte Dissertation). Universität Wien, Österreich.

Windisch, A. (2016). Darstellung und Vermittlung von Pflanzendiversität in österreichischen Schulbüchern der fünften Schulstufe (erste AHS) (Nicht veröffentlichte Dissertation). Universität Wien, Österreich.

Online Quellen

Aeccbio. (2016). aeccbio. Abgerufen am 19.08.2016 von <https://aeccbio.univie.ac.at/>

Bundesministerium für Bildung. (2016). Bundesministerium für Bildung. Abgerufen am 24.08.2016 von https://www.bmb.gv.at/schulen/unterricht/lp/lp_ahs5_779.pdf?5i84ju

Bundesministerium für Bildung. (2016). Bundesministerium für Bildung. Abgerufen am 24.08.2016 von https://www.bmb.gv.at/schulen/unterricht/lp/lp_neu_ahs_08_11860.pdf?5i84kf

Departement of Botany & Biodiversity Research. (2016) Köckinger, Schröck, Krisai & Zechmeister: Checkliste der Moose Österreichs. Abgerufen am 26.11.2016 von <http://131.130.59.133/projekte/moose/>

Duden. (2016). Duden. Abgerufen am 25.06.2016 von <http://www.duden.de/rechtschreibung/hygroskopisch>

Spektrum der Wissenschaft. (1991). Spektrum der Wissenschaft. Abgerufen am 21.10.2016 von <http://www.spektrum.de/lexikon/geowissenschaften/karbon/8079>

Spektrum der Wissenschaft. (1999). Spektrum der Wissenschaft. Abgerufen am 30.06.2016 von <http://www.spektrum.de/lexikon/biologie/nymphe/47087>

Spektrum der Wissenschaft. (1999). Spektrum der Wissenschaft. Abgerufen am 16.08.2016 von <http://www.spektrum.de/lexikon/biologie/embryophyta/21015>

Spektrum der Wissenschaft. (1999). Spektrum der Wissenschaft. Abgerufen am 16.08.2016 von <http://www.spektrum.de/lexikon/biologie-kompakt/tracheophyta/11952>

Spektrum der Wissenschaft. (2001). Spektrum der Wissenschaft. Abgerufen am 30.06.2016 von <http://www.spektrum.de/lexikon/geographie/kryptogamen/4441>

Spektrum der Wissenschaft. (2001). Spektrum der Wissenschaft. Abgerufen am 21.10.2016 von <http://www.spektrum.de/lexikon/biologie-kompakt/dinosaurier/3095>

Wikipedia. (2016). Wikipedia. Abgerufen am 28.06.2016 von [https://de.wikipedia.org/wiki/Prospektion_\(Geologie\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Prospektion_(Geologie))

Zusätzliches Material

Edu2000.org. (2008). Moss Reproduction. Abgerufen am 21.09.2016 von <https://www.youtube.com/watch?v=jcWYAnmm-QE>

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: derzeitiger Stammbaum der Moose	6
Abbildung 2: Fachdidaktisches Triplett, Kattmann et al. 1997 (Krüger & Vogt, 2007, S. 94).....	35
Abbildung 3: Varianten von Leitfadeninterviews (in Anlehnung an Flick 2007) (Niebert & Gropengießer, 2014, S. 125).....	37
Abbildung 4: Allgemeines inhaltsanalytisches Modell (Mayring, 2010, S. 60).....	40
Abbildung 5: Skizze 1 Skizze 2 Skizze 3	62
Abbildung 6: Skizze a Skizze b Skizze c.....	63
Abbildung 7: Skizze 3 Skizze c Skizze b	75
Abbildung 8: selbsterstelltes Stundenbild.....	80
Abbildung 9: Generationswechsel der Laubmoose.....	85
Abbildung 10: Generationswechsel der Lebermoose	86
Abbildung 11: MyHeritage blog. (2011). 20 Jahre Entdeckung von Ötzi. Österreich Journal. Abgerufen am 21.09.2016 von http://blog.myheritage.de/2011/02/20-jahre-entdeckung-von-otzi/	88
Abbildung 12: Urban-Gardening Berlin. (2014). Moos Graffiti einfach selber machen-Guerilla Gardening Streetart. Abgerufen am 21.09.2016 von http://www.urban-gardening.berlin/guerilla-gardening-streetart-moosgraffiti-einfach-selber-machen/	90
Abbildung 13: ZEN-Kloster und Japan-Garten in Liebenau. (). Der Moos-Garten. Abgerufen am 21.09.2016 von http://www.japan-garten.eu/moos_garten.htm	90
Abbildung 14: ZEN-Kloster und Japan-Garten in Liebenau. (). Der Moos-Garten. Abgerufen am 21.09.2016 von http://www.japan-garten.eu/moos_garten.htm	90
Abbildung 15: Frahm, J. (2006). Moose – Eine Einführung. Jena: Weissdorn-Verlag, S. 197 Abb. 220 Moosbälle von <i>Rigodium implexum</i> am Grunde des Valdivianischen (gemäßigten) Regenwaldes in Chile.	91
Abbildung 16: Frahm, J. (2006). Moose – Eine Einführung. Jena: Weissdorn-Verlag, S. 196 Abb. 219 Der Lago de Parrillar in Patagonien (Chile).	91
Abbildung 17: OutdoorFEX. (2015). CC-BY-SA 4.0. Leuchtmoos (<i>Schistostega pennata</i>). Abgerufen am 21.09.2016 von https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=44697882	92
Abbildung 18: Blick am Abend. (2015). Van Nieuwenhove, J., Flickr. Der Tollund-Mann. Abgerufen am 21.09.2016 von http://www.blickamabend.ch/news/selbst-nach-jahrhunderten-10-erstaunlich-gut-erhaltene-leichname-id4168794.html	92
Abbildung 19: Expedition Moor. (2008). Rosborn, S. Der Mann von Grauballe (Jütland, Dänemark). Abgerufen am 21.09.2016 von http://www.blickamabend.ch/news/selbst-nach-jahrhunderten-10-erstaunlich-gut-erhaltene-leichname-id4168794.html	93
Abbildung 20: Expedition Moor. (2010). Landesmuseum Natur und Mensch, Oldenburg. Überreste eines gewaltsam getöteten, etwa siebeneinhalb Jahre alten Jungen aus dem Moor bei Kayhausen. Abgerufen am 21.09.2016 von http://www.blickamabend.ch/news/selbst-nach-jahrhunder	93

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Die drei Teilaufgaben der Didaktischen Rekonstruktion (Gropengießer, Harms & Kattmann, 2013, S. 16f).....	36
Tabelle 2: Interesse auf Seiten der Expertin/ des Experten	52
Tabelle 3: Schülerinnen- und Schülerinteressen	53
Tabelle 4: eigener Unterricht der Expertinnen und Experten	53
Tabelle 5: Interessante Themenbereiche für den Schulunterricht	54
Tabelle 6: Anregungen für die zu erstellende Einheit	55
Tabelle 7: Aussehen von Moos.....	59
Tabelle 8: Lebensraum	60
Tabelle 9: Vermehrung.....	60
Tabelle 10: Moose und ihre Umwelt.....	61
Tabelle 11: Verwendung	62
Tabelle 12: Lebendes Moos im Unterricht und/oder Experimente mit Moos.....	62
Tabelle 13: Auswertungstabelle der Schulbuchanalyse	66
Tabelle 14: Analyse des Inhalts BioTOP 2.....	67
Tabelle 15: Analyse des Inhalts Bio Buch 2 neu	68
Tabelle 16: Analyse des Inhalts bio@school 2	70

Abstract

The diploma thesis evaluates ways to improve teaching about mosses at the level of lower secondary education, precisely for c. 12year old pupils (2. grade AHS). The topic was investigated and didactically prepared according to the 'didactic reconstruction method'. Firstly, a technical clarification of the topic was given. Then, guided interviews with experts (teachers) and pupils were designed, carried out and analyzed. The pupils' interviews primarily focused on their personal ideas on the topic. Moreover, a schoolbook analysis performed in the course of the diploma thesis provided detailed insights into the ways how the topic is treated in these important supporting media for teachers. Based on the technical clarification, the interviews and the schoolbook analysis, a teaching model was created that is presented in the last part of the thesis. This model is designed to be taught in a second grade of the AHS in Austria.

Zusammenfassung

Die Diplomarbeit befasst sich mit der Frage, wie die Thematik Moos für den Schulunterricht in der zweiten Klasse AHS am besten vermittelt werden kann. In der Arbeit wurde unter Zuhilfenahme der Didaktischen Rekonstruktion die Fragestellung „Moose - ein Thema für den Schulunterricht“, untersucht und didaktisch aufbereitet. Zunächst erfolgt eine fachliche Klärung der Thematik, gefolgt von Interviews einerseits mit Expertinnen und Experten sowie andererseits mit Schülerinnen und Schülern. Dabei sollen die Schülerinnen- und Schülervorstellungen zum Thema Moos geklärt werden. Ebenfalls erfolgt eine Schulbuchanalyse um herauszufinden, wie die Thematik in aktuellen Schulbüchern behandelt wird. Basierend auf der fachlichen Klärung der geführten Interviews und der Schulbuchanalyse erfolgt die Präsentation eines Unterrichtsmodells. Dieses ist eine fertige Einheit zum Thema Moos und kann in der zweiten Klasse AHS zum Einsatz kommen.